

针对矽卡岩型銅、鉄矿床的特点 加速普查评价工作

黄 崇 軻

矽卡岩型銅、鉄矿床，在我国不仅分布很广，而且品位很富。据統計，在鉄矿儲量中，它占9%，而在平炉富鉄矿、高炉富鉄矿儲量中，却分別占30%和36%；銅矿儲量中，它占16%，而在富銅矿中却占各类富銅矿总儲量的33%。因此这类矿床，对提供富銅、富鉄矿产資源，起着甚为重要的作用。

建国以来，我們才对这一类型銅、鉄矿床进行了大量的普查勘探工作。总结这类矿床的地质特点和工作經驗，将有助于进一步开展这类矿床的普查勘探工作。本文企图对这类矿床的特点、有关的一些成矿規律，以及在普查评价工作中如何针对这些特点和运用它的規律进行工作，抛砖引玉地作一些探討。

一、矽卡岩型銅、鉄矿床的复杂性

大量工作的結果表明，真正与矽卡岩同时形成的銅、鉄矽卡岩型工业矿床是很少的，其工业意义极小。本文所指的矽卡岩矿床，即通常所謂“广义的”矽卡岩矿床。它同时具备以下两个条件：

第一，矿体赋存于中酸性小侵入体（偶尔为基性侵入体）与鈣鎂碳酸盐岩或中酸性火山岩以及其他含鈣质較高的岩石的接触带及其附近。一般在距接触带几百米以内，个

別的相距可达二千多米。

第二，矿体或造矿矿物与矽卡岩矿物共生。矿体的围岩或夹层和矿石的脉石矿物，部份或全部为矽卡岩或矽卡岩矿物。

这类矿床的最大特点是复杂，的特点表现在以下几方面：

（一）矿体分布复杂：这类矿床的矿体几乎总是成群出现，有时一个矿床由几十个到上百个大小悬殊的矿体构成，成組地或零散地分布于接触带附近。

（二）矿体形态复杂：矽卡岩型銅、鉄矿体的形态，比其他成因类型的銅、鉄矿体复杂得多，几乎各种形状都有。矿体規模大的，形态稍简单些，大多呈透鏡状、舌状，有时呈似层状。它們厚度大，但分岔尖灭快，很厚的矿体在几十米范围内，就可能分成許多小岔，甚或尖灭。矿体規模越小，形态越复杂。成为細小的透鏡体、扁豆体、囊状体、以及各式各样的不規則状体。同时由于多期构造活动，常常被断裂破坏或被岩脉穿插，使形态更为复杂。

（三）組份复杂：这类矿床矿石的矿物成份，一般在二、三十种以上，多的达七、八十种。最主要的为各种氧化物、硅酸盐、硫化物、碳酸盐。它們反映在化学組份上，

也就很复杂。仅按影响工业利用要求的元素,除鉄、銅外,还有鋇、鈷、釩、鉬、錫、硫、磷、鉛、鋅、金、砷、硒、碲、鎳、鎢……等等。其中釩、鉬、鈷、金、鎳、硒、碲、鎢等含量常可达到綜合利用的要求;硫、錫有时可綜合利用,有时为鉄矿的有害杂质;磷、砷为鉄矿的主要有害杂质。这些組份大致成以下一些組合出現:鉄;鉄—銅—硫;鉄—銅—鈷—硫—金;鉄—釩—磷—鎳;鉄—銅—鉬—金;鉄—鋅—硫;鉄—鉛—鋅—硫;鉄—錫—鋅;銅;銅—鉬—硫;銅—硫—硒—碲等。

(四) 品位变化大,工业品級复杂:矿石主要組份品位变化比較大,常常可从表內富矿急剧变为表外貧矿。同时由于伴生組份多,分布不均匀,影响矿石的工业利用性能,因而矿石工业品級很多,有的多达十余种。

二、矽卡岩型銅、鉄矿床 产出的一些規律

矽卡岩型銅、鉄矿床虽然复杂,但也有它形成和产出的带普遍性的規律。这些規律虽然目前研究得还不够,还停留在定性的描述阶段,但在工作中充份研究总结 and 适当运用这些規律,就能比較正确地进行普查勘探工作。这些規律是:

(一) 矿体形态、分布和富集的控制因素。

矿体形态变化、分布位置与富集程度,受褶皱、断裂、侵入岩与围岩接触的接触构造变化等因素的控制。

1. 褶皱:小型褶皱,一般以小的短軸背斜、傾沒背斜、穹窿、褶皱翼部的挠曲等,控制了中酸性小侵入体的产出。矿体大多分

布于被小侵入体侵入的这些背斜构造的軸部、傾沒端、褶皱軸面的扭轉处,以及更次級的小褶皱或挠曲等部位。

2. 断裂:区域性的或較大的断裂,往往控制了岩体的分布。在其次級断裂发育处,特別是一些破碎带,有利于形成矽卡岩和进行矿化交代作用。在成矿前所形成的两組断裂交叉处,有时可形成形态較复杂或呈筒状的矿体。

3. 侵入接触构造:侵入体与围岩的接触带,是这类矿体主要分布部位。形成这类矿床的侵入体,主要为出露面积不到一平方公里到几平方公里,少数为几十平方公里以上的花崗閃长岩、花崗岩类小岩体。它与围岩接触面的变化,直接控制了矿体的产出和富集。

当接触面在水平和垂直方向成海湾状弯曲时,成矿比平直的接触面有利得多。矿体赋存于围岩呈半島状凸入岩体的弯曲处,常呈較厚大的透鏡体或舌状体。特別当围岩层理傾向侵入体时,所成矿体往往更为富集和厚大。陡直的接触面也能成矿,但矿体常为薄而小的扁豆体。有时成薄而延展大的似层状体,矿化較差。如某含銅磁鉄矿(图1)。矿体形成于同一侵入体同側的接触带,围岩

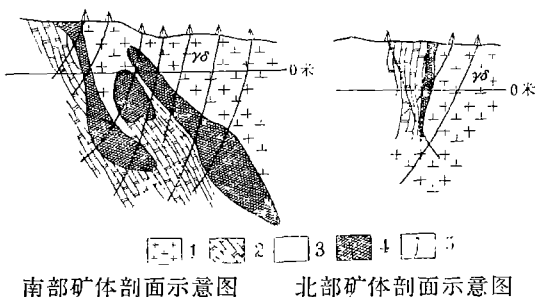


图 1

1—花崗閃长岩; 2—石灰岩; 3—大理岩;
4—矿体; 5—鉆孔

岩性也相同。北部接触面陡直简单，南部接触面弯曲，变化复杂，结果南北矿体在其厚度、大小、形态、富集程度等方面，均有显著的差别：北部矿体薄、贫、小，形态简单；南部矿体厚、富、大，形态比较复杂。

在接触面变化很大，成为锯齿状犬牙交错接触的情况下，往往形成很多薄而小的透镜体（图2）。

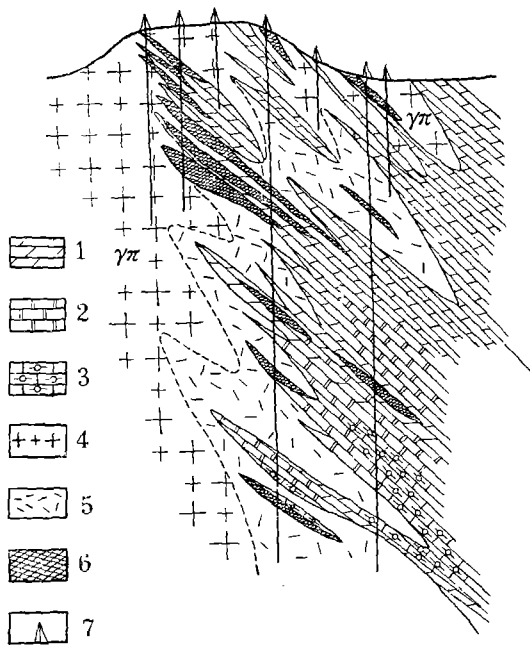


图 2

1—硅化灰岩；2—大理岩；3—砂卡岩；4—花岗岩（ $\gamma\pi$ ）；5—弱蚀变石英闪长玢岩；6—矿体；7—钻孔

当岩体与围岩的层理成“整合”接触时，一般矿化较差，形成的矿体也薄而小。有时延展较远，矿体形态简单，成薄的透镜体或似层状体。但当围岩下陷入岩体或接触面不规整时，矿体往往增厚。

接触面附近裂隙发育时，成矿有利，矿

体形态受裂隙形态控制，成不规则脉状。这种裂隙包括岩体的收缩裂隙、围岩层理、构造断裂及张力裂隙等。图3为受接触带收缩裂隙及围岩层理控制成矿的一例。

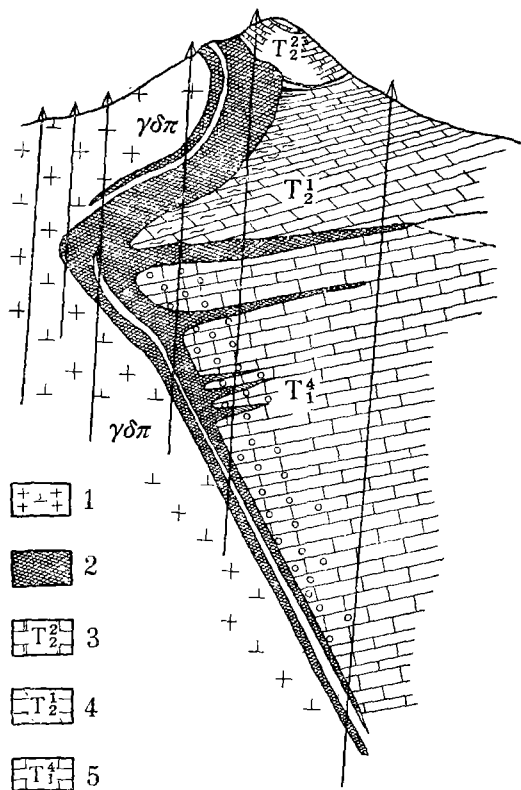


图 3

1—花岗岩闪长斑岩，近矿部份具硅化；2—铜矿体；3—中厚层大理岩；4—薄层大理岩，近矿部份透辉石化（加~）；5—大理岩，近矿部份石榴子石化（加○）

侵入岩的围岩顶垂体、捕虏体等对成矿是有利的。矿体的形态和规模基本上决定于顶垂体、捕虏体的形态和大小。

4. 岩性差别较大的岩层的接触面：由于不同岩性的岩层，受构造变动时易于构成层间滑动、破碎，以及层间剥离等容矿空间。

同时，它們上下化学性质的差别，能促使矿液中組份化学平衡的破坏，因而导致矿质在不同性质岩层的层面間沉淀成矿。有时上覆的致密泥质、硅质岩层，还能起一定的遮挡作用，使矿质更为富集。例如在五通石英岩与其上石炭二迭紀灰岩之間的接触面，奥陶紀灰岩与其上石炭紀頁岩之間的接触面，以及熔岩与凝灰岩的接触面等所形成的大、中型銅、鉄矿床即是。

(二) 多期成矿活动和組分产出与分布特点。

这类矿床总是明显地表现出多次成矿活动，后期矿化迭加于先期之上。一般在矽卡岩阶段形成少量白鎢矿和磁鉄矿，还有錫石；其后主要为磁鉄矿化，伴随有假象赤鉄矿及少量穆磁鉄矿，这是鉄矿的主要成矿阶段；再后为硫化物阶段，先形成輝鉬矿、輝鉍矿（少量）、磁黄鉄矿，次为黄銅矿、黄鉄矿、方鉛矿的产出；菱鎂矿可能为晚期的产物。閃鋅矿形成早晚都有，早期的含鉄高，呈棕褐色鉄閃鋅矿，晚期为浅棕色閃鋅矿，前者較富集。

由于多期矿化的結果，这类矿床中所含組份較多。元素本身的地球化学性质和矿物形成的先后，使它們的产出部位，具有一定的特征：

- 1. 白鎢矿主要呈稀疏浸染状分布于矽卡岩中，含量較少，工业意义不大。
- 2. 輝鉬矿主要产出于內矽卡岩带或矽卡岩化的侵入体中。呈細脉状或細脉浸染状，分布不均匀。有时銅矿体中也有鉬矿化（图4）。

3. 銅、鉄矿或含銅磁鉄矿为矿体的主体。鉄矿成致密块状或不同程度的浸染状分

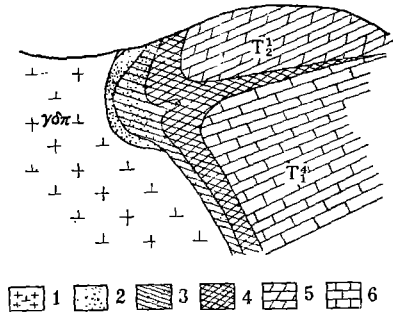


图 4 某銅矿銅鉬分带示意图
1—花崗閃长斑岩；2—輝鉬矿体；3—含輝鉬矿銅矿体；4—銅矿体；5—薄层大理岩；6—大理岩

布于矽卡岩、矽卡岩化大理岩、矽卡岩化侵入岩或大理岩中。銅矿以細脉状或細脉浸染状、浸染状在上述各种蝕变围岩中构成单独矿体；有时則以浸染状、斑点状、細脉浸染状迭加在鉄矿体中，由鉄矿体向外，常有呈以鉄为主，鉄銅并重，到以銅为主的渐变分带現象。

4. 錫石呈細粒状，散染交代矽卡岩，或交代磁鉄矿，或被包裹于磁鉄矿中。由于顆粒很細，不易觉察。

鋅矿物主要为鉄閃鋅矿，与磁鉄矿共生，局部較富集。氧化带中鋅的次生矿物如水鋅矿等，常因褐鉄矿污染而不易辨認。

5. 一些分散元素的存在状态：

钨主要分散于磁鉄矿、穆磁鉄矿、赤鉄矿中。但在磷灰石中含量有时也很高。由于鉄矿物是主要的，因而常呈鉄高钨也高的含量正变現象。矽卡岩矿物中有时也含少量钨。

鉛分散于黄鉄矿或磁鉄矿、黄銅矿中，常在黄鉄矿中較为富集。

鎳、鋳等主要与磁鉄矿、赤鉄矿等鉄矿物有关。但在石榴子石等鈣硅酸盐矿物中，含量有时也很高。

硒、碲等主要赋存于黄铁矿等硫化物中。

另外在黄铁矿、黄铜矿等硫化物矿体中，常含有一定量的金。

上述这些组分，往往具有区域性分布规律。例如，东南沿海一带铁矿中普遍含有较高的锡和锌，并有向南锡高，向北锌高的趋势；但铜含量一般很低。扬子准地台北缘铁、铜常密切共生，钼也较多，三者往往都具有工业意义，矿体中还常含较多的金；东部铁矿中普遍含有钒，磷含量也高；华北地台的这类矿床，组份却很简单，其东部含少量的铜，西部则为单一的铁矿，有时含硫稍高一些。

（三）明显的选择性交代成矿。

已知情况表明：这类矿床从形成矽卡岩到成矿，对岩性都有明显的选择性交代作用。据统计，我国已知形成矽卡岩型铜矿的岩石，百分之九十五为含有一定镁质和其他杂质的薄层碳酸盐岩，个别的为凝灰岩。形成矽卡岩型铁矿的岩石，百分之八十五也是这类碳酸盐岩，尤其在大、中型矿床，更是如此。其他岩石即使成矿，规模一般也较小。

由于沉积岩的性质决定于沉积岩相和古地理条件，相同的沉积环境形成相同性质的岩石。相同性质的岩石，在具有形成矽卡岩型铜、铁矿床的条件时，成矿作用基本相同，因而这类矿床的产出在含矿层位上具有区域性的规律。例如这类工业矿床在华北地台绝大部分赋存于中奥陶统马家沟灰岩（相当的为济南灰岩）中；扬子准地台北缘，以中下三迭统嘉陵江灰岩（相当的为青龙灰岩）为主，部分为上泥盆统五通石英岩与其上石炭二迭系不整合面间或其上灰岩中；东南沿海则主要产在中泥盆统东岭灰岩和中上泥盆统南靖群砂岩与其上石炭二迭系不整合面间

或其上灰岩中。

（四）近矿围岩蚀变。

由于多期变质蚀变作用，矽卡岩型铜、铁矿床近矿围岩蚀变很复杂。大别之，早期为接触变质作用，形成无水的石榴子石、透辉石矽卡岩。接着为含水矽卡岩化，出现闪石类、绿帘石、绿泥石等矿物构成的矽卡岩，以后有高中低温热液蚀变。前后迭加穿插，十分复杂。值得注意的是与铁矿关系最密切的是细粒钙铁石榴子石矽卡岩化，钙铁辉石矽卡岩化和柱石化以及金云母化和碳酸盐化。但是结晶很粗的块状石榴子石岩，与矿化关系很少。对铜矿关系最密切的是绿泥石化、金云母化和碳酸盐化。一般都呈现蚀变强、矿化也强的现象。

三、抓好普查评价中的

几个关键性工作

前已述及，矽卡岩型铜、铁矿床，是最复杂的矿床之一。对于这样的矿床，在进行普查评价工作时，必须一开始就针对其复杂性，充分掌握各方面的特点来指导工作。看来，抓好以下几个关键性问题，才有可能争取主动，迅速而有效地作出正确评价。

（一）合理应用物、化探方法

物、化探工作对矽卡岩型铜、铁矿床有效的指示作用，是大家都熟悉的。在普查、评价阶段，特别是地表覆盖厚而广的南方，应该针对这类矿床的特点，合理采用有效的物、化探方法。对于磁铁矿及含铜磁铁矿，一般可应用地面磁法，以发现隐伏火成岩与沉积岩的接触带、隐伏岩体，或直接发现磁铁矿体。地形条件有利时，如配合重力测量，可更为有效地直接找到隐伏的磁铁矿

或含銅磁鐵礦體；對磁異常作高次微商計算及磁場空間分布計算和利用不同強度的磁場特性，可推測磁性體的 水平寬度和延伸情況，能更正確地指導布置深部工程，提高工程見礦率。對於含銅矽卡岩和貯存在沉積岩或不整合面上以黃銅礦、黃鐵礦為主的礦床，一般綜合應用各種電法（如自然電場法、激發極化法……）及化探方法（原生暈、次生暈方法），以尋找隱伏礦床。在地形平坦時，也可配合應用重力測量。物、化探測量的比例尺，可根據工作區的地質、礦床特點及規模，靈活選用。後種比例尺一般應該在前種比例尺工作成果上有選擇地進行。

物、化探工作結果，必須結合地質、礦床研究成果進行推斷解釋。也就是應該分析地層、構造、岩漿活動等成礦條件的基礎上，才能獲得更正確的解釋推斷。同時，由於礦體物質成份的變化，例如礦質富集程度不同，次生氧化作用等地質體物性的變化，影響對物、化探成果的更正確的解釋。因此，一方面應充分應用它來指示工作；同時，也應該通過工程，不斷用已驗證的資料來校正原來的推斷解釋，使推斷預測更接近實際，起到更好的指示作用。

（二）重視地表地質研究

做好地表地質工作，是做好普查工作的重要一環，也是正確進行深部工作的重要前提。因為，深部的地質現象，在地表往往有着各種不同程度的反映。物、化探成果，也要在地質背景上，才能更正確的解釋推理。不做好地表地質研究，不僅不能合理地布置深部工程，即使取得了深部資料，往往也不易正確解釋。由於矽卡岩型銅、鐵礦床的複雜性，就更需要做好各階段的地表地質研

究，其中根據這類礦床的特點，特別應該注意以下一些方面：

1. 在填制 1:5 萬地質圖時，除了填圖的一般要求外，應該特別注意分出區域已知有利的含礦地層；盡量把有利于成礦的各種褶皺、特別是穹窿和傾沒背斜，各種大小岩體、鐵帽、接觸變質現象和其他蝕變現象等，都填繪出來，以便結合物、化探資料，正確圈定最有遠景的地區。

2. 在填繪 1:1 萬地質圖時，應着重研究岩體與圍岩的接觸帶。這是最有利的成礦部位。初步劃分出接觸帶的各類蝕變現象，接觸面的產狀變化；追索礦化現象；對岩體初步劃分岩相，找出岩脈最發育的地段，（這往往也是最有利的成礦地段）。對於鐵帽，應研究其結構，有無殘留硫化物、次生礦物，並採少量樣品分析銅、鉛、鋅、金等，以判明其由何種原生礦氧化而成。沒有岩體和礦化出露的物、化探異常地段，要充分研究異常所在部位的岩性、構造條件，仔細觀察有無蝕變現象，以便據以圈出最有利于礦液富集的地段。

3. 對於已見到礦體、礦化或物、化探異常很好的地段，如地質成礦條件又有利，除應進行 1:2 千（或 1:1 千）地質填圖，用輕型山地工程系統揭露研究礦體地表產狀變化以及採樣化驗等工作外，特別重要的是詳細研究礦體產出的各種規律，構造、岩性、接觸帶變化對成礦的控制關係，變質蝕變作用的種類、強度與礦體分布和礦化強弱的空間關係等，以正確評價礦床和指導深部工作。

（三）打几排完整的控制剖面

矽卡岩型銅、鐵礦床盲礦多，分布複雜，勘探工作中往往有盲礦體不斷出現的情

况，常因发现新的盲矿体，表明先已終孔的钻孔深度不够，沒有控制到新矿体，因而不得不补钻，造成工作被动和浪费，影响按时提交报告。避免产生这种情况的关键是在评价阶段，打几排完整的剖面。

由于接触带本身产状变化很大，物、化探和地表地质工作对接触带在較浅的一定范围内能起到很好的指示作用，但对深部变化，还是要通过钻探才能直接了解。评价阶段打几排剖面，主要目的就在于基本掌握岩体与围岩的接触面在沿倾斜方向上，如何轉折弯曲；有几次較大的含矿弯曲；倾斜方向上下有几层矿体；矿体貯存产状与接触构造变化之间的关系。同时，对比地表情况，分出近矿围岩与矿化的关系，哪种蚀变围岩是快要見矿的标志，哪种則为出矿的标志；深部围岩蚀变强弱与矿化强弱的关系；以及控制深部的褶皱断裂形态及变化等。当然，还可以利用这些剖面的資料，初步掌握矿体的規模、产状、矿石物质成分变化，并据以初步定出大致的勘探类型和勘探网度。

这些剖面应安排在充分研究地表地质之后进行。根据这类矿床一般延长較短，形态变化大的特点，剖面間距可用200—400米。大体上一个长500米以上的含矿地段，打二到三个以上的剖面。当然，如果含矿地段长的，剖面間距可适当放稀。剖面上钻孔孔距可以100—200米，变化大的部位还应加密控制。钻孔控制深度以穿透通常勘探垂深（400—500米）范围以内的接触带，并且以不遗漏深部主要接触带为准。

控制性剖面应该先在最有可能見矿的有利地段打一条。在这条“先鋒”剖面上，钻孔一般应逐个施工，竣工一、二个孔后，再在

两旁各依次开第二、第三条剖面。由于这些剖面探索性很强，因此剖面上的钻孔，一般也应逐个地打。但是，如果有五、六成把握，为爭取时间，也可以几条剖面同时施工，每条剖面上也可以同时开二个，甚至三个孔。但是，最好其中有一条剖面早走一步，各条剖面上同时施工的钻孔也不宜太多。这样既能爭取时间，又可以避免浪费。

这样的做法看来似乎慢些，但实际上由于能很快就基本掌握住矿床深部变化情况，就能爭取主动，比較正确地进行深部工作，也能为进一步更大規模地进行勘探工作做好准备，更能避免浪费和被动。所以总起来还是会快得多。

（四）及早研究伴生組份

针对矽卡岩型銅、鉄矿床組份的复杂性，及早注意研究伴生組份，是正确评价矿床的又一重要环节。

对于伴生組份的研究，开始，可通过控制性剖面的系統岩矿鉴定，結合主要組份的簡項分析，根据矿石的矿物組分、組織結構、成矿先后以及主要組份的貧富等，初步划分矿石的自然类型。对每个自然类型矿石，采几个样品，作光譜全分析，检查有哪些对矿石利用可能有影响的元素，特別注意已知具区域性分布的某些元素。然后利用簡項分析样品作多項分析，了解可能有影响的伴生元素的含量。对于含量达到或接近綜合利用或有害影响的組份，再均匀地采样进行专门的分析，以了解其含量的大致变化。

弄清伴生組份的存在状态，有十分重要的意义。例如钴，它在矽卡岩型銅、鉄矿床中，可能存在于磁鉄矿中，也可能存在于黃鉄矿中，或者呈钴的硫化物。前一种存在状态，

即使含量很高，也难于回收利用。只有后二种状态，才具有综合利用的可能。又如錳和鈮，它們可能分散于鉄矿物中，也可能分散于石榴石、透輝石等鈣硅酸盐脉石矿物中。賦存于后两类矿物中，就不能回收利用。很明显，如果伴生有益組分的存在状态，不适合綜合利用，則即使含量高，也不具工业意义，就不必再进一步工作。如果有些組分，既以可供綜合利用状态产出，同时也以不能綜合利用状态产出，那就應該通过对主要組分的精矿分析，看精矿中那种組份的富集程度能否綜合利用。有些組分，例如伴生金，如果呈自然金或銀金矿等細粒分散于銅矿物中，因金在冶炼銅时进入粗銅，电解粗銅时可順便回收，故不必专门进行加工試驗，只需在銅矿选矿时，順便了解銅精矿中金的含量即可。但如賦存在伴生的黃鉄矿中，因金的綜合利用要专门对黃鉄矿进行选矿富集。因此，在作銅矿选矿試驗时，应增加富集黃鉄矿的流程，并研究黃鉄矿精矿中金的富集，能否达到綜合利用要求。

弄清对于矿石矿物的嵌布状况和矿物各級粒度的百分比，是研究选矿性能好坏的重要因素，也应注意安排。

應該及早进行加工試驗，特别是当有害組分含量較高，而其賦存状态不利于去除时，更應該从早进行，以能对矿石的利用作出正确評价。避免对不能綜合利用的組分过多地工作，造成浪費。更应防止因有害杂质沒有搞清而使勘探完了的矿床不能利用。

順便提出一个值得注意的問題。在南方含銅磁鉄矿或銅矿的氧化带，有时出現含銅較高，但肉眼和鏡下見不到一般銅的氧化矿物或硫化矿物，矿石含硫也不高。这时，應該注意是否有“結合式”銅的存在。“結合式”銅是氧化銅，它呈顆粒极細的戴氏赤銅矿，或不以单独的次生氧化矿物出現，而是与鉄、錳、硅、鋁等氧化物相結合，或被吸附呈含銅粘土、含銅褐鉄矿、赤鉄矿、含銅錳土等状态出現，不易辨認。这种“結合式”銅，由于其顆粒极細或呈吸附状态，用現代机械方法很不容易分离，因此选矿性能很坏，一般浮选法不能达到选矿指标。因此，如果銅矿床矿石中（一般在氧化带）“結合式”銅多了，选矿性能会大大变坏。而鉄矿石中这种銅多了，因为选不掉，会影响鉄矿石的利用。所以，如遇到这种情况，应及早通过物相分析予以查明，并在勘探后要单独圈出計算儲量。

本刊上期刊誤表

頁	栏	行	誤	正
13.	右	7	岩体的和級构造	岩体的一級构造
20	右	1	含量度化	含量变化
22	左	倒 3	得知矿知外壳	得知矿体外壳
23	左	6	Fe ⁺⁺⁺ 2.38	Fe ⁺⁺ 2.38
28	左	公式 9	$\sqrt{\frac{\sum a_x^1}{n^2} + \frac{\sum a_y^2}{n^2} - 2 \cdot \frac{\sum a_x \cdot a_y}{n^2}}$	$\sqrt{\frac{\sum a_x^2}{n^2} + \frac{\sum a_y^2}{n^2} - 2 \cdot \frac{\sum a_x \cdot a_y}{n^2}}$
28	右	簡化公式 分母末項	$\frac{[(x-y)]^2}{n}$	$\frac{[\sum(x-y)]^2}{n}$