

鈦礦床的远景評價

И.И. 馬雷舍夫

鈦富集在許多成因不同的礦床中。儘管火成、外生和變質成因的鈦礦床類型極多，但它們絕大部分的礦物都是鈦鐵礦和金紅石。這些鈦礦物是很有工業價值的。但賦存在鹼性雜岩中的鈦礦床，由於其礦石含有複雜的鈦礦物以及許多稀有元素和稀土元素，故不在此例。

通常，鈦礦床除了極少數之外，都為綜合性礦床，因而提高了它的價值，但同時也使得它技術加工工作複雜化。絕大多數的鈦礦床，除規模不大的金紅石和鈦鐵礦的礦巢和脈外，為了獲得符合工業指標的精礦，都得預先進行選礦。

對確定鈦礦床的工業價值，不僅礦床中鈦的總含量具有意義，而且富集在具有工業意義的貴重礦物如：鈦鐵礦、金紅石、鈣鈦礦、鉍鈣鈦礦、鈦鈣鈣鉍礦和鈦鐵金紅石中的鈦也有很大意義。這些礦物就其形狀和顆粒大小來說，很適於採用機械選礦方法提選精礦。

因此，在對鈦礦床研究的初期，確定鈦礦床的價值不僅要根據礦石化學分析資料，而且要根據礦床礦物成份的詳細研究結果。同時，計算出鈦礦物和其它一些礦物的含量比率，確定礦物形態和顆粒大小以及礦物結合性質和其它一些特徵。了解這些對於解決礦石是否適合機械選礦的問題是極為必要的。通過以後的選礦試驗來確定精礦的回收率（與原生礦石比率）和質量。

對於確定精礦質量來說，光譜和化學分析資料具有重要意義，因為根據這些資料可確定精礦中鈦以及有用雜質和有害雜質的質量。

在幾十年甚至於幾百年中為工業所利用的許多有用礦物礦床—鐵、銅、錫和其它等礦床，均根據實際情況確定了詳細的開采指標，因而使地質人員在研究礦床的初期有可能將礦床分為不同的工業等級。可是對鈦礦床來說，這一工作僅處於最初階段，因此須要作專門研究。

不久以前僅僅開采較富集的金紅石礦床和現代沿海地帶砂礦中的白鈦石化鈦鐵礦床以及最富集的火成

金紅石鈦鐵礦，鈦鐵礦和鈦鐵磁鐵礦礦床。由於近幾年來鈦工業蓬勃發展，因此其它類型的鈦礦，如中生代和較老年代，其中包括變質的金紅石和鈦鐵砂礦，古老風化殼的白鈦石化鈦鐵礦礦床，金紅石變質礦床以及許多其它類型的礦床也都具有很大的工業意義。

鈦礦床的工業價值如同其它金屬礦床一樣，取決於地質及經濟因素，其主要為下列幾點：

1. 礦石的物質（定性和定量），化學和礦物成分以及技術加工性能。因為根據它們可確定選礦程序和獲得用於工業上的精礦及以後的冶煉工藝程序。在初步研究礦床時，通過上述所獲得的材料來確定礦石利用到工業上之可能性（考慮到技術加工）。此外，在了解到礦石中有用成份平均品位有可能從中提取精礦之後，就可以用盧布來確定一噸礦石中各種成份和適於回收成份的價值了。

2. 礦床的規模、產出深度、礦體形狀和大小、礦量以及礦石中選出有用成份。依據這些條件可確定礦床的開采程序與礦石每年開采的規模。

3. 礦石的經濟情況（有無交通線、水、樹木、價廉的電力、距加工廠遠近等）。決定工廠的建設地區不僅要考慮到地區的原料基地，而且也得考慮廉價的電力供應。因此，在很多情況下，在距現有和正在修建的工廠附近開采較貧的礦石常比開采遠區的富礦石有利得多。

上述各種因素決定了礦床的開采利潤和工業價值。鈦礦床許多成因類型的工業價值只是在最近階段才開始確定，但對其中大多數礦床來說還沒有開采指標。因此，目前對個別礦床以經濟核算來確定鈦礦石的工業指標，可是在個別的情況下還要解決任何一種礦床鈦礦石最小儲量之開采利潤問題。

本文未能根據工業指標提出有根據的工業分類，而僅限於成因分類以方便於分別出最有遠景的類型。

由於各種成因類型的鈦礦床有規律地產在一定雜岩中，所以鈦礦床的工業分類將接近於成因分類。但為了工業分類更加完全，工業指標還須補充。

下面作者所提出的鈦礦床成因分類之圖表內，只

表示最常見到的工业矿床之成因分类。

从表内所列举的钛矿床成因类型中看出，现代和中、新生代海滨砂矿床以及斜长岩体，辉长斜长岩体和辉长岩体有着空间和成因关系的火成矿床，都具有极其重要的意义。金红石变质矿床和辉长岩古老风化壳的白钛石化钛铁矿床可列为第二位，在这些类型中有最大和最富集的钛矿床，矿石的选矿工艺已被掌握，从这些矿石中可以获得高质量的钛精矿和其它一些贵重的副产品。

表内所列举的其它类型的矿床按其意义可列为第三位，但其中某些矿床也同样具有很大的工业意义。

由于没有工业指标，作者只引述了矿石中钛矿物或二氧化钛最小储量和品位的一些大体资料，这些只能表示一些数字。根据作者的意见上述矿床也可以进行勘探工作。

根据适于提取的贵重矿物—金红石、钛铁矿、钙钛矿，锆钛矿、钛铁金红石中的钛储量，我们可将矿床大致分为：

- ① 极巨大的矿床，钛储量超过几千万吨；
- ② 巨大的矿床，钛储量为一百万吨到一千万吨；

③ 中等矿床，钛储量为十万吨到百万吨；

④ 小矿床，钛储量为五万吨到十万吨；

⑤ 储量在五万吨以下的无工业价值的矿床。

对砂矿来说，其数字可减少至二分之一。

呈块状矿石不需选矿的金红石或钛铁矿矿床，如果它们经济条件良好的话，其储量小也可以进行开采。

根据矿石中钛的品位，我们可将砂矿分为：

① 很富集的矿床。每吨砂中钛铁含量大致为 100 公斤；

② 富集的矿床—50—100公斤/吨；

③ 较富的矿床—20—50公斤/吨；

④ 贫矿床—10—20公斤/吨。

当钛铁矿含量大致低于 10 公斤/吨，即为 20 公斤/立方公尺时，砂矿床只有在经济条件良好，为规模巨大的砂矿才能有开采价值。

註：鉴于在含钛砂矿中，除钛铁矿外，常含有金红石、白钛石化钛铁矿、锆石、独居石等等，砂矿石的评价应根据具有工业意义的矿物总含量来决定（公斤/吨），并按价格当量换算为钛铁矿。此种算法也适于确定火成矿床和变质矿床每吨矿石的价值。

钛矿床成因分类表

按围岩划分的矿床类型	按主要矿物成分划分的矿石类型	在许多矿床中具有实际意义的伴生成份	矿体的形状和规模、矿床的相对规模和其它比较重要因素。	矿床主要时代
------------	----------------	-------------------	----------------------------	--------

I. 火成矿床(晚期岩浆矿床)

A. 与辉长岩岩漿侵入杂岩有空间和成因关系的矿床

产在斜长和辉长斜长岩体中	钛铁矿类型 金红石钛铁矿类型 赤铁矿钛铁矿类型 金红石赤铁矿钛铁矿类型 钛铁磁铁矿类型 钛铁钛磁铁矿类型 (間或)	铁、钒、磷(较少)、钼(很少)。	矿脉，脉状矿体以及侵染矿化带(从不太大到巨大的)。在个别矿床中，钛储量(具有适于回收精矿的钛矿物)可达几千万吨。除伟晶钛铁矿床外，大部份都很富集。	前寒武纪
产在辉长岩岩体(辉长、辉长—苏长岩，苏长岩，辉长—角闪岩)中。	钛铁—磁铁矿类型。 钛铁矿类型(很少)	铁、钒、磷(较少)、铜(少)。	如同上述，除许多钛铁、钛磁铁矿床矿石富集较差之外，还有少量钛铁精矿，矿石一般含二氧化钛为 13—20 %。	前寒武纪，下古生代(较少)。

产在輝長岩—輝綠岩的小輝長岩侵入体中。	鈦磁鉄矿类型	鉄、鈰具有主要工业意义，而鈦则为副产物。	侵染矿带（从不大直到巨大的），矿石富集，仅含有鈦磁鉄精矿，很少含鈰。鈦磁鉄精矿中含鉄50—57%，二氧化鈦12—17%，五氧化鈦1%。这种精矿经过电熔解可取得質量較好的鋼和低級品的鈦矿，含二氧化鈦40—45%。	前寒武紀，下古生代（較少）
产在巨大的超基性輝長岩体内（角閃岩、輝岩，很少在閃岩和閃長岩中）。	鈦鉄矿—鈦磁鉄矿（較少）类型。	大部份为鉄矿床，在某些矿床中含有单独顆粒的鈦鉄矿，同时許多矿床含鈰达到工业儲量。	侵染矿带（不太大直到巨大的），其中有时見到細小的矿体，大多数矿床就其鈦品位來說都为貧鈦磁鉄矿，其中精矿佔2—10%，但有时二氧化鈦比率很大。鈦鉄矿—鈦磁鉄矿石中的鈦鉄精矿回收率不大。	古生代，太古代（較少）

B 与碱性杂岩有空間和成因关系的矿床

产在碱性超基性的杂岩内（碱性輝長岩内）。	鈣鈦矿—鈦磁鉄矿。 鈣鈦矿—鈦磁鉄矿。	鉄、稀土元素、鉍、鉍、鎢、鈦、鈷（稀少）。	侵染矿带（不太大直到巨大的）。鈦的儲量可达几千万吨。在侵染矿带中可見到很小的完整矿体，矿石很富集并含有鈦磁鉄和鈣鈦或鈣鈦鉄精矿，在很多情况下含有伴生的燒綠石和斜鎢石的精矿。	从元古代到中生代。
产在異性霞石正長岩—流紋正長岩—磷霞岩的綜合体内。	鈦鈣鈣鎢矿类型	稀土元素、鉍、鉍。	侵染矿带呈假层薄层狀产于复杂的分異很强的碱性岩内。矿石主要矿物为高品位的鉍、稀土元素和局部的鉍，鈦为副产物。	从古生代到中生代。
产在偉晶岩和霞石及碱性正長岩的偉晶岩带内。	鈦鉄金紅石类型。 金紅石类型（稀少）。	在鈦鉄金紅石中含有：鉍、鉍、稀土。在許多矿床中含有燒綠石和鎢石。	細矿脈。块狀矿石、矿巢以及規模不大的侵染矿带。鈦儲量由几百吨到几千吨。但对鈦工业來說，价值不大。	从元古代到中生代。

II. 外 生 矿 床

A 位于化学风化壳发育地区的矿床

产在輝長岩体和具有高品位鈦鉄矿或金紅石的其他岩石的风化壳中。	鈦鉄矿类型，金紅石鈦鉄矿类型。 鈦鉄矿一般有强烈的白鈦石化。	在許多矿床中，高嶺土和磷灰石可利用选矿中的尾矿。	风化壳中的巨大的侵染矿带。鈦鉄矿含量每1立方公尺岩石局部地方达几百公斤。在許多矿床中鈦鉄矿儲量达好几百万吨。矿石很富集。	前寒武紀和古生代的鈦鉄矿或含金紅石杂岩的中生新生代的风化壳。
--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	--	--------------------------------

沿海浜和大湖的现代砂矿床。	白鈦石化鈦鉄矿，白鈦石，金紅石。	許多抵抗风化的稳定性矿物：鎔石、独居石等，取决于本区的各种岩石冲刷风化壳中存在的稳定性矿物。	根据貴重矿物的品位分为小的，巨大的和富集的矿体。貴重矿物：金紅石、白鈦石化鈦鉄矿、白鈦石、鎔石、独居石等。其中鈦的儲量有时可达几千万吨。而其它貴重矿物的儲量也很大。矿石富集。 按照生成的形状和条件，近海砂矿分为：沙丘砂矿床，按其规模一般很大，但就其中有用矿物的品位来说，则为贫矿（不超过 50 公斤/立方公尺）。 海灘富集砂矿包括薄层夹层在内，貴重矿物的含量为几十到几百公斤/立方公尺； 海岸底流砂矿，为巨大富集的矿床，并具有很大的长度，厚度及宽度。貴重矿物的含量为几十到几百公斤/立方公尺。 海岸带中的矿床一般属于砂矿类型，并延長到十几公里。	現代
古老的海岸和大湖砂矿。	白鈦石化鈦鉄矿，白鈦石，金紅石。	許多抵抗风化稳定性矿物：鎔石、独居石等。取决于本区的各种岩石冲刷风化壳中存在的稳定性矿物。	如同上述类型。其区别：大部份砂矿形成在比較年青的沉积物的下面，仅仅局部地方出露在复土之上，砂粒有一些被膠結。	中生新生代
河谷砂矿（冲积矿床）	白鈦石化鈦鉄矿，白鈦石，金紅石。	同上	就规模来说一般不大，而就其河床，河漫滩和阶地砂矿床的貴重矿物的含量来说是不富集的。鈦鉄矿含量不超过五十几公斤/立方公尺。最大砂矿床中鈦儲量很少达到一百万吨。	現代和第四紀

B. 位于物理风化地区的矿床

殘积一堆积，冲积和海浜砂矿床。	根据冲蝕岩石的矿物成份，常見有鈦鉄矿、鈦磁鉄矿，有时見有金紅石、鈣鈦矿、鈦鈣鈣鎔矿、鈦鉄金紅石。		工业矿床仅見于原生鈦矿床之地区內，并且是由于其破坏的結果而形成。按照砂矿床殘积一堆积一結核矿石以及河谷和海滨矿床的规模一般不大，也不富集。在重砂中見有很多的鈦磁鉄和矽酸鋁。該砂矿床在矿石儲量平衡表內沒有多大意义。	現代
-----------------	--	--	--	----

Ⅲ. 變質成因的矿床

A. 固有變質矿床

产在角閃岩和其它結晶片岩, 以及由于玄武岩岩漿岩的變質作用所形成的榴輝岩。	金紅石、金紅石和鈦鉄矿 (較少)	磷灰石 (稀少)	侵染矿帶 (不大到巨大規模)。儲量 (适于金紅石回收的) 可达几百万吨。某些矿床中的金紅石含量佔百分率不多。与金紅石同时含有不同数量的鈦鉄矿。矿石很富集。	前寒武紀
产在高品位的高嶺土頁岩中 (含有藍晶石矿物組)。	金紅石、鈦鉄矿 (較少)。	藍晶石組的高品位高嶺土質的矿物。	侵染矿帶 (由小的到最大規模)。能提取 1% 或以上金紅石的, 以及順便回收高品位高嶺土質矿物精矿的大矿床才有經濟价值。鈦鉄矿产于許多矿床中。	前寒武紀

B. 變質矿床

海浜和大湖變質砂矿	金紅石、白鈦石、鈦鉄矿。	如同上述, 产在現在和中生代或新生代的海洋砂矿中。在許多矿床中見有赤鉄矿和磁鉄矿。	該类型矿床与現代和中生与新生代砂矿之区别: a) 具有极强烈的變質作用 (白鈦石和鈦鉄矿的大部份变为金紅石); b) 开采和选矿比較困难。 只是巨大而富集的矿床才有工业意义。这种矿床是由于风化壳中产物的重复冲蚀以及以后的變質形成。	前寒武紀和古生代。
變質火成的矿床。	鈦鉄矿、金紅石 (局部的)。	鉄、鈳。	块狀矿体几乎未受變質, 在侵染矿石中它的質量有了改善, 鈦鉄矿分散顆粒的数量, 以鈦磁鉄矿的分解和再結晶来决定, 同时产生金紅石的重新形成。	前寒武紀和下古生代 (較少)。

古老风化壳中的白鈦石化鈦鉄矿床在鈦鉄矿的平均品位不小于 50 公斤/立方公尺 (矿石) 时, 才具有开采价值。

火成和變質成因的鈦矿床, 在未考虑伴生成分之情况下, 可分为富集的、一般的、貧的和无工业价值的等矿床。

属于富集矿床的矿石可通过机械选矿取得鈦鉄精矿, 其采取率不小于 30%, 二氧化鈦的含量不小于 40—50%, 或者可获得金紅石精矿。如果二氧化鈦的品位超过 90% 时, 則它的采取率为不小于 5%。

相应属于其他类型的矿石, 属一般矿石—鈦鉄矿 20—30%, 或金紅石 3—5%, 属貧矿石—鈦鉄矿 10—20%, 或金紅石 1.5—3%, 属无工业价值的矿石

—鈦鉄矿 10% 或金紅石小于 1.5%。

如上所述, 我們所得出的最小儲量和最小工业品位的假定性很大。例如, 在矿石中除鈦以外, 还有其他容易回收的重要成分, 假若鈦矿物含量与其价值相应时, 那么它的品位是很低的了。尤其它是属于赋存在碱性杂岩中的矿床。所以, 矿石的价值不仅取决于其中鈦的品位, 而且也取决于許多稀有元素以及稀土元素的品位。最后, 矿区的地質及經濟条件也具有很大的意义。

在对于各种不同成因的鈦矿床研究和理解的过程中, 上述大概数字將得到进一步的确定, 并且也可获得准确的資料, 从而可在今后对鈦矿石的矿床制定詳細的工业指标。

除表內所指出的值得普查和研究的鈦矿床具有各

种成因类型外，在最大和富集的工业矿床所划分的項目內，还具有无工业价值的鈦矿化之不少成因类型。其中每个部分就其规模來說很小，而就被回收的矿物的品位來說也很貧，故所含之矿石要求复杂的和費用高昂的选矿程序。

属于这种类型：

- 1) 在变質岩层中，阿尔卑斯类型的石英脈在許多地方都会有不同数量的金紅石和鈦鉄矿；
- 2) 金紅石和鈦鉄矿的热液矿化現象，在各种杂岩中呈細脈狀和块狀矿巢或者侵染矿石，其中亦包括热液石英脈中所指出的矿物；
- 3) 在花崗偉晶岩中金紅石和鈦鉄矿的細小矿巢；
- 4) 鈦鉄矿、金紅石、鈣鈦矿和其它鈦矿物的接触交代矿化現象；
- 5) 凹形現代鈦矿物矿砂床，其中有金紅石和鈦鉄矿；
- 6) 在許多鋁土矿床內富集較高的鈦；
- 7) 含煤岩系中富集較多的鈦；
- 8) 榴石矿床；
- 9) 基性噴出岩中鈦鉄矿的侵染現象；
- 10) 物理风化地区內的河谷砂矿，如果在这些地区內沒有巨大和富集的原生鈦矿床和其它許多矿化現象的話。

从前五种类型来看，虽然鈦矿物品位很高，但其儲量通常是微少的。

在第六、七类型的矿化現象中，鈦的基岩呈膠狀或非常細粒的白鈦石、銳鈦矿、板鈦矿、金紅石和鈦鉄矿狀，仅仅有很少一部分是較大的顆粒通过机械选矿方法回收。由于矿石的选矿技术复杂，所以这类矿石目前还没有实际价值，虽然这些类型的某些矿床中有时富集很多鈦，二氧化鈦的含量在10%以上。

榴石矿床由于缺乏簡便的回收鈦的方法，也同样沒有工业价值。

在噴出岩中未見到鈦矿物工业富集的現象。

在河谷砂矿床和物理风化地区內，当沒有巨大的和富集的原生矿床时，虽然个别区段的鈦品位很高，但这类区段的规模却很很小，而就整个砂矿床来看，規模虽很大，但鈦品位还没有达到工业要求，在任何情况下，象这类的工业砂矿床目前我們还没有見到。

当提出了鈦矿床各种成因类型的工业价值的某些見解时，作者考虑到由于缺乏有关該問題的文献，仅仅向地質人員談一下在所研究的各种矿床进行找矿和

初步評價时一些方向，并且認為在个别的情况下，为确定这些矿床的工业价值，应当进行比較深入的地質及經濟研究。

刘云貴譯自“勘探与保矿”1957年第4期

洗滌圖紙點滴經驗

繪圖用的磅紙成本很高，每公尺單價約与每公尺花大呢（棉布）的單價相等，且此种磅紙国产不多，以前使用的大部是进口商品，常常采买不到，所以对此种磅紙的節約是特別有意义的。由于不小心弄髒之磅紙及画錯或使用完了之图紙（背面），都可以用水將他洗淨，再加以使用。洗滌方法簡單迅速，茲介紹如下：

把图紙阴湿平舖在清洁之图板上，要洗之而向上，用刷鉛油用的猪鬃扁刷浸水沾以肥皂，在紙面上輕輕涂沫，待肥皂涂匀紙面之后，再用刷往返刷洗（刷的时间不能过久，否則將把图紙刷破，或起毛卷）約數分鐘，然后以清水冲去表面之肥皂，放在乾燥地方使其阴乾，至完全乾燥后即可使用。

张奎文

勘 誤 表

期頁 数数	行数	誤	正
19 16	右14、16	繁数	繁数
19 32	表下4	过抵	过低
20 3	左14	从而才能正矿地…	从而才能正确地…
20 5	右 2	由于花崗岩偉晶岩…	山花崗偉晶岩…
20 6	右倒13	Obolns	Obolus
20 7	左 7	…結晶在石灰岩	…結晶質石灰岩
20 7	左12	含辰砂厚 480 公尺	含辰砂，厚480公尺
20 7	左倒 2	数公尺数一百公尺	数公尺—数公尺

又：第19期32頁图3放倒了