

金屬礦床工業類型目錄

1. 緒論……………(馮景蘭稿)
2. 鉄……………(馮景蘭稿, 祁思敬补充实例)
3. 錳……………(祁思敬、邓熾昌稿, 馮景蘭校补)
4. 鉻……………(祁思敬、金景福編, 馮景蘭校补)
5. 鈦……………(祁思敬、霍承禹編, 馮景蘭校)
- ✓ 6. 鋁……………(祁思敬、趙鳳池、馬新兴集稿, 馮景蘭校編)
- ✓ 7. 鈷……………(祁思敬、趙鳳池資料, 馮景蘭改編)
8. 釩……………(馮景蘭編)
9. 銅……………(馮景蘭編)
- ✓ 10. 鉛、鋅、銀……………(馮景蘭稿, 白士魁、熊曾熙、丰淑庄补充实例)
11. 鋁……………(霍承禹編, 馮景蘭校)
12. 錫……………(馮景蘭編, 胡祖桂、黃茂新、卫冰洁补充实例)
13. 鎢……………(馮景蘭稿, 蔡时玉补充实例)
14. 鉬……………(蔣明霞稿, 馮景蘭校补)
15. 碑……………(祁思敬稿, 馮景蘭校补)
16. 鉍……………(夏宏远稿, 馮景蘭校补)
- ✓ 17. 汞……………(朱文清編, 馮景蘭校补)
18. 鎘……………(馮景蘭編, 朱文清补充实例)
- ✓ 19. 金……………(馮景蘭編)
- ✓ 20. 鉑……………(馮景蘭編)
21. 放射性金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)
22. 稀土及分散金屬……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)

第五章 鈦

(祁恩敬、霍承禹編，馮景蘭校)

Ⅰ. 概 論

(1) 鈦的地球化学: 鈦在地壳中的分佈甚为广泛, 重量克拉克值为 0.61。在岩漿主要結晶过程中在形成早期鈦鎂矽酸鹽时, 鈦起重要作用。在玄武岩类岩石中的輝石, 花崗岩、正長岩中的云母有时富含鈦; 在早期結晶的基性岩中鈦以單个显微晶体和大块体参加铁氧化物矿石而分出。在碱性岩, 特别是其基性变种中, 有鈦的聚积; 在霞石岩及其轉生岩中, 平均含鈦 0.4—0.8%, 不仅它形成少量的矽酸鹽, 而且形成具有工业意义的堆积。鈦与其他稀有元素一样、常常在偉晶岩中聚积。当苏長輝長岩結晶时, 大部分鈦成鹵化物被帶到氧化物中, 但一般規模不大。

在风化过程中, 鈦仅受到微弱的交換溶解, 最重要的鈦矿物是稳定而不易风化的。可以形成重要的砂矿床。

在沉积物中, 鋁土矿和紅土內, 可能含有 4% 左右的鈦, 而以榍石, 金紅石, 板鈦矿或鈦铁矿的状态出現。

(2) 含鈦矿物 自然界中, 已知有 60 余种含鈦矿物, 主要成双氧化物或鈦酸鹽形式。鈦具有形成类質同象交代和固溶体的性能, 与铁、鉍、鉬和稀土有紧密連系。

在工业方面对鈦的生产具有极重要意义的有下列四种含鈦矿物:

1. 鈦铁矿 FeTiO_3 或 $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ (36.8%Fe, 31.6%Ti)
2. 鈦磁铁矿含 TiO_2 到百分之几, 磁铁矿中含鈦铁矿包裹物。
3. 金紅石 TiO_2 (含 60%Ti)
4. 榍石 $\text{CaTi}(\text{SiO}_3)_2$ (40.8% TiO_2 , 28.6%CaO, 30.6% SiO_2)

(3) 鈦的性質及用途

鈦是一种很好的鋼的除氧剂; 鈦鋼十分坚固。鋁鈦合金坚硬, 耐腐蝕。比重比鋼小二倍。这些特性都引起了飞机制造及其他工业部門的注意。此外, 鈦在地壳中克拉克值較大, 可保証有广泛获得此元素的可能。

許多国家已大量产鈦, 1947 年美国生产了兩吨, 而 1956 年可生产 15,000 吨。日本 1955 年产鈦 800 吨。苏联的找矿工作亦特別注意鈦。

目前鈦的生产成本还相当高。制出的鈦合金在高温下的抗氧化性和抗蝕变性比之常温下減弱。所以尙未能广泛地应用。

除冶金工业外, 鈦的化合物也用于顏料工业, 用二氧化鈦作鈦白。其它使用鈦化合物的工业部門有玻璃业、制陶业、与搪瓷业, 制造烟幕及焰火、由于二氧化鈦熔点高 (1560°C) 可作为耐火材料, 此外, 鈦鹽在紡織、制革中、用作煤染剂、在有机化学工业中用作催化剂。

(4) 工业对鈦矿石的要求: 所有鈦矿石中最有工业价值的是富含金紅石、鈦铁矿和其他鈦矿物的矿石, 但这类矿床分佈有限, 因此目前世界上很多国家也利用分佈較广泛的鈦磁铁矿矿石来生产鈦。

鈦磁鉄矿矿石因其难熔，仅在不久以前，由于选矿方法的改进才掌握了高鈦爐料的冶金过程。

对于鈦磁鉄矿矿石的工业评价应注意以下几点：（1）鉄与鈦的比例大于 10 的矿石，在现在技术上是可能获得鈦精矿的；（2）鈦在矿石中呈现的形态；鈦矿物顆粒应大于 50 微米，在浮选时应为 10—20 微米，如果鈦是极細粒的分散的包裹体或类质同象混合物时，会影响到金属矿物与脉石矿物的分开；矿石結構构造也可影响到破碎方式，选矿及分离条件；（3）含鈦及含銅硫化物、鉑族矿物、和钒的存在状态及其与矿石矿物或脉石矿物的关系；（4）磷的含量和磷灰石顆粒的大小，及其可能清除的情况，（5）含矿圍岩的成份。

II. 鈦矿床的主要工业类型

根据已知鈦矿床的綜合材料，有工业价值的鈦矿床为数不多，蘭卡瑪及薩哈瑪曾提出有工业价值的鈦矿石有：（1）与基性岩有关，属于早期分离的氧化物鈦磁鉄矿，鈦鉄矿、金紅石矿石；（2）鈦鉄矿和金紅石組成的海濱砂矿床；（3）与霞石正長岩有关的偉晶正長岩和磷灰石脉中有时可产有工业价值的金紅石；（4）有一些鋁土矿是提煉鈦的有价值的原料。

И.И. 馬雷謝夫將有工业价值的鈦矿床分为：

1. 岩漿型鈦矿床：又可分为：（i）产于鈣斜長石岩和輝長—鈣斜長石岩体中的鈦鉄矿矿床，赤鉄矿—鈦鉄矿矿床，磁鉄矿—鈦鉄矿矿床，有时有金紅石—鈦鉄矿矿床。（ii）产于輝長岩、輝長苏長岩，輝長角閃岩岩体中的鈦鉄矿—磁鉄矿矿床，或鈦磁鉄矿矿床（iii）与輝長岩脉狀小侵入体有时是輝長—輝綠岩层狀岩体有关的鈦磁鉄矿矿床（iv）在輝長岩—輝石岩—橄欖岩建造的超基性岩为主的岩体中也有鈦磁鉄矿矿床。

本类型对鈦來說沒有实际意义。岩漿矿床中与碱性岩建造侵入体有空間和成因連系的鈦矿床較为少见。在霞石正長岩和碱性正長岩及超基性—碱性岩中已知有量大而質富的矿床，这种矿石中照例是有鈦及鉬、鉍、稀土元素。有时有鈷鈾等元素組成的成分复杂的矿石。

2. 砂鈦型矿床：其中最大而鈦含量也最富的是現代及古代的海濱砂矿床或砂丘矿床，这些矿床是由于原生鈦鉄矿床或含鈦量甚高的輝長岩、碱性岩以及变質杂岩破坏而形成的。某些輝長岩类岩石的风化壳可作为耐火材料高嶺土矿床，同时也順便作为鈦矿来开采。

3. 变質岩型鈦矿床：产于寒武紀前（很少是下古生界）变質岩系中。主要是含鈦輝長岩类岩石及其噴出岩类在变質作用过程中所形成的金紅石和鈦鉄矿的浸染矿石帶。

III. 鈦矿床的分佈及实例

И.И. 馬雷謝夫曾提出地壳中可以分出鈦的某些地球化学区，在此一定構造帶中常集中有各种成因类型的鈦矿床。苏联主要的鈦矿区有：（i）烏拉尔区——与輝長岩有密切关系的鈦磁鉄矿、金紅石砂矿床及中部烏拉尔的絹石矿床；（ii）科拉半島区——与特殊的超基性—碱性岩有关的鈣鉄矿—鈦磁鉄矿床及与霞石—正長岩有关的鈦磁鉄矿—絹石矿床；（iii）庫茲涅茨拉套（拉塔基亞山），薩彥嶺，高加索及中亞細亞的鈦矿区，卡累里阿—芬蘭苏維埃社会主义共和国輝綠岩类矿石中的鈦磁鉄矿，阿塞爾拜疆的鈦磁鉄矿等。

北美的鈦矿床都产于古地質構造單位的邊緣帶，同时与寒武紀前岩系露头有关。根据 3.И. 伊科尼科娃（1956年）的資料，北美地区的鈦矿有四个地区：

(1) 加拿大鈦鐵礦區：包括圣勞倫斯島，阿吉羅達克山，安大略湖、尼波信格湖，和苏必略湖區。

(2) 中部穩定區的邊緣區，包括科羅拉多高原及洛磯山脉的鈦鐵礦區。

(3) 大西洋及墨西哥灣海濱平原區，包括佛羅里達東海半島中薩科爾海濱區的墨西哥海灣北岸。

(4) 太平洋沿岸區——包括加利福尼亞州南部，新墨西哥，和北美洲西海岸主要是加利福尼亞州的沖積砂礦床。

北美岩漿型鈦礦床與強烈分異的輝長岩及鹼性侵入體有關。

按照礦石及圍岩可分為三類礦床：(i) 產于輝長斜長岩體中的赤鐵—鈦鐵礦礦床；

(ii) 成因上與輝長岩或輝綠岩有關的鈦磁鐵礦—磁鐵礦礦石，礦石中可能有金紅石、尖晶石、剛玉及磷灰石等雜質；(iii) 成因上與霞石正長岩的超基性的分異岩體有關的鈦磁鐵礦—片岩礦床，含有斜鋸石。

北美的變質鈦礦床可分為兩類：(i) 與角閃岩、角閃片岩、綠泥片岩及其他片岩有關的礦床，其產生是由基性成分的侵入岩及噴出岩的變質作用而成；(ii) 與片麻岩、砂岩及石英岩有關係的礦床。

北美的外生礦床多為濱海砂礦及少數河成砂礦、沖積、坡積砂礦。發育于輝長岩類的變質雜岩分佈地區。

茲將世界上著名的鈦礦床簡介如下：

(1) 蘇聯烏拉爾的庫興斯基（庫薩）鈦磁鐵礦礦床：（見本書第 2.4—2.5 頁鈦礦床主要工業類型中有关章節的敘述，此處從略）。

(2) 美國弗吉尼亞州的鈦鐵礦—磷灰石礦床：本礦床大部份位于納爾遜郡，礦床的主要圍岩為寒武紀前的片麻石英二長岩，後來被含有少量微斜長石的斜長岩所侵入。礦體位于此橢圓形、總面積約 22 平方哩的侵入體內，呈脈狀或扁平狀。礦石礦物為鈦鐵礦，金紅石及磷灰石，脈石礦物為黑雲母，綠泥石和陽起石。有時鈦鐵礦與磁鐵礦呈文象結構。礦石類型有兩種，即風化礦石（或稱軟礦石）及未受風化的堅硬化石。軟礦石含 TiO_2 約 17—18.5%，儲量約數百萬噸，可露天開采。未受風化的礦石中含有鈦鐵礦，金紅石，磷灰石，黃鐵礦，磁黃鐵礦，褐鐵石及石墨。礦石中含 TiO_2 約 14%，儲量亦大。總計軟硬礦石中 TiO_2 的儲量可達四百四十萬噸。

本礦床的成因，過去認為是岩漿礦床，但後來，C.S. 羅斯認為靠近礦體的侵入體中浸染狀的金紅石，鈦鐵礦可能是由于交代作用生成的。

(3) 菲州坦葛尼喀西南的恩若姆別鈦磁鐵礦礦床：發見不久，為世界上目前最大的鈦礦床之一，礦體產于粗粒輝長岩中，按礦體形狀及形成時期可分為以下幾種類型：

(i) 整合的鈦磁鐵礦凸鏡體和夾層。礦體與輝長岩的界線不明顯，礦體規模小，一般無工業價值。為早期岩漿礦床。

(ii) 不整合的瘤狀和凸鏡狀礦體，與圍岩界線明顯，常位于輝長岩與圍岩的接觸處，或直接位于粗玄岩牆發育的地方，礦體規模相當大。

(iii) 具有整合和不整合礦床特點的過渡型礦床。這類最大的工業礦床是利干迦。礦體是一種大的礦層，幾乎整合地位于鈣長岩和淡色輝長岩的圍岩中，在接觸部有鈣長岩及輝長岩的綠泥石化和假象纖閃石化。礦石含 Fe 49—50%， TiO_2 12—13.7%， V_2O_5 0.14%， P_2O_5 0.016%，S 0.024%，本類礦床的工業價值最大，一般認為是晚期岩漿的產物。

總之，本區礦床的礦石總儲量估計為 12 億噸。

(4) 澳大利亞联邦的砂鉄矿床：澳大利亞联邦的东南沿海一带，在新南威尔斯拜崙灣北岸的巴林納城附近有著名的鉛石—磷鋇鐳矿—鉄鉄矿—金紅石砂矿床。砂矿产于砂丘中，呈凸鏡体狀，厚 1—2 呎，長 1—2 公里。較老的砂丘，距岸較远，高出海平面約 5.7 公尺，而新形成的砂丘則距岸較近，高出海而不过 3.7 公尺。

在物質成份上，新南威尔斯的砂矿床是世界上最集中的綜合矿床。有些地方在 1—2 公里長的距离內砂丘的厚度不足 1 公尺，但所含重砂物質竟达 30—35%。重砂中含鉛石 40—75%，金紅石 10—35%（經风选后，金紅石精矿中含 TiO_2 达 96%），鉄鉄矿 10—20%，也含有少量的磷鋇鐳矿 3% 和錫石 4%，其他矿物有柘榴子石和磁鉄矿，和石英（2%）。

本矿床規模很大，質量也高，目前是世界上較貴的砂矿床，从 1930 年即进行开采。

除去新南威尔斯砂矿床以外，近年来在昆士蘭南海岸，由拜崙港口向南延伸約 100 公里的地方，又发现了規模宏大的『黑砂』矿床。地表露头寬达 7.5—9.0 公尺，厚 0.3—1.5 公尺。露头向大陆方向延伸，被很厚的砂丘所掩复。

矿物成份与新南威尔斯砂矿相似，除含有較多的石英外，尚含有：鉛石 40—45%，金紅石 30—35%，鉄鉄矿达 25%，其余是柘榴子石，电气石、黄玉、磷鋇鐳矿、錫石、磁鉄矿和少量的金、鉑及銀等。

关于澳洲砂矿的成因問題尚有爭論。一般推測重砂物質的主要来源为三叠—侏罗紀卡拉倫斯(Clarence)系的淡色砂岩。有些鉄鉄矿来自巴林那端·丹哲尔(Ballina-Point Danger)地区的玄武岩。大部份鉛石，金紅石，磷鋇鐳矿和一部份鉄鉄矿可能来自新莫格蘭地区的二叠紀花崗岩体。这些地区从 5 月到 12 月經常有暴风雨，对此砂岩及花崗岩进行了强烈的剝蝕作用，而这些重矿物使取道于河流（这些河流或直接位于花崗岩之上，或在其附近）被搬运到海滨，在海滨繼續受到风浪的分选作用，使重砂物質进一步富集起来，造成今日有工业价值的砂矿床。

(5) 印度砂鉄矿床：印度特拉凡科尔省的砂矿床是世界聞名的。矿床位于印度半島西南端的馬拉巴尔海岸。本区露出大片的太古代片麻岩，及紫苏花崗岩，其中穿插有許多較新的偉晶岩脉。在近海岸地区，片麻岩被上三叠紀的薄层沉积物所掩复。

砂矿床的主要分佈地区是从北面的科倫海角向南 160 公里延展到科莫林海角。

含矿砂层的厚度相差甚大，平均約在 1—3 公尺之間。

含矿砂层可分为以下四种类型：

(i) 层狀砂矿床——是受海浪作用使重矿物富集起来。

(ii) 砂丘砂矿床——是在强烈风的作用下形成的，在距海岸不远的地方聚集了粗砂粒和重金屬矿物。

(iii) 古砂丘矿床——发现于科莫林海角附近。距海岸較远，重金屬矿物的含量也很高。这些砂丘不断被破坏，而使其中重矿物帶到海滨去。

(iv) 冲积砂矿床——分佈在喀拉哈拉以东的曼那瓦拉庫利哈地区，延伸約 130 公里，平均厚度达 2.4 公尺。重砂物質可能来自由紫苏花崗岩所組成的卡尔达門山支脉。有很多河流穿过此山脉，將許多重矿物帶至海滨，在海浪不断冲击下聚集起来形成黑色的砂矿层。这些砂矿既可直接在海岸开采，也可在距海岸不远的砂丘里进行开采。

特拉凡科尔砂矿床中的矿物种类很多，可进行綜合开采。主要的重砂矿物有：鉄鉄矿，鉛石，磷鋇鐳矿，金紅石，磁鉄矿，柘榴子石，石英，方解石等。当柘榴子石的含量增多时，砂矿呈紅色；当磁鉄矿和鉄鉄矿的含量增多时，砂矿呈黑色；当磷鋇鐳矿多时，砂矿呈

淺黃色；而當石英，方解石增多時，砂礦則呈淺灰色。在富礦地段，金屬重砂約佔 60—70%，其中鈦鐵礦佔 50—65%，鉛石佔 3—5%，磷鈾礦佔 2.12%。本區砂礦床於 1909 年即已進行開采。

在最近十年里，對印度東部的奧里斯省的砂礦也進行了研究。砂礦沿着北科羅曼德爾海岸延伸達 37 公里，而以馬哈納迪河口附近的海岸地帶最為富集。含礦的沖積層平均寬約 25 公尺，厚約 0.25 公尺，含有鈦鐵礦 75%，磷鈾礦 2.5%，個別地段可達 8—12%，磷鈾礦中並含有鈾。

(6) 中國已知鈦礦床分佈於以下地區：河北承德灤平區鈦磁鐵礦礦床（見本書第 2.25 頁），四川攀枝花鈦磁鐵礦礦床（見本書 2.26 頁）除上述兩地外，內蒙古自治區變質岩區內有基性岩岩脈中的鈦磁鐵礦，變質岩內之金紅石礦層，黑龍江上游漠河，瑯瑯砂金產地有磁鐵礦鈦鐵礦及其他稀有元素礦物之砂礦，遼東半島有海濱砂礦，沿着寒武紀前花崗片麻岩及花崗岩分佈的地帶，砂礦中有石英、長石、磁鐵礦、鈦鐵礦以及稀有元素礦物。廣西、湖南錫石砂礦中有金紅石、鉛英石。

主 要 參 考 文 獻

1. 鄒元議：鈦冶金及其合金。科學通報 1956 年 5 月。
2. 蘭卡瑪及薩哈瑪：鈦，鉛，鉛的地球化學 地球化學專輯第 1 輯 112—113 頁 地質出版社 1956。
3. И.И. 馬雷謝夫：關於鈦礦床的類型及其分佈的規律性問題。地質譯叢第 9 期，15—16 頁，1957。
4. 穆德：工業礦物與岩石（下冊），301—333 頁，地質出版社出版 1957 年。
5. E.B. 奧爾洛娃，M.C. 羅津：印度的礦產資源 79—83 頁，新知識出版社出版，1957。
6. 別例捷也夫編：金屬礦床工業類型講義。長春地質學院出版 1957。
7. Г.П. 盧金ский：Химия Титана стр 9—16 Госхимиздат. 1941.
8. Batman : Economic Mineral Deposits 623—626 頁 1950.
9. M.C. Кришнан : Геология Индии и Бирмы стр. 114, 1954.