

礦床的工業類型

拉爾欽科

北京地質學院

礦床教研室

1955.3

礦床的工業類型

工業類型一篇在『找礦和勘探』課程中的地位。

工業類型是一門科學學課，它是單獨講授的，甚至在蘇聯是由另一個教研室所開的。本課程中『工業類型』是『找礦和勘探』課中的一部分，它沒有獨立的意義。本課程中講這一篇的主要目的是提供有關於已知的礦床，它們的成因類型和地質特點，工業對各種礦物原料的要求，礦床的構造，礦體形狀及其產狀要素，各類礦床特有的礦化規模，礦物成份等必要的參考材料。

從前面各篇可以看出，地質人員在找礦和勘探時期如不知道上述有關已知礦床的各種問題，就不能在理論上和方法上正確地進行自己的工作，特別是正確地估價礦床。

『工業類型』一篇最好在『找礦先決條件』一篇以前講授，這是因為已知礦床本身即是最好的先決條件，在什麼地質條件下及需要找怎樣的礦產，它們的地質、地球化學、工業特點、礦體規模、形狀是怎樣的等等。往往需要注意，雖然每個礦床都有許多特點，必竟屬於一定的礦產類型的礦床之間有許多共同點。無論如何自然發展總的規律性是相近似的，雖然每一具體情況下這些規律性有其自己的特點，然不管是地球的那一部分，它們在時間和空間上都似乎是重複着的。

地質人員進行工作時一定應當考慮自然界各種規律性表現的共同點和特殊點。不考慮『共同點』和『特殊點』他的工作就收不到好的效果，有時就根本徒然無益。沒有工業類型的知識就很難估價礦床，特別是在研究礦床的最初階段。

在『工業類型』課程裏詳細的講到這種或那種類型的具有代表性的礦床、它們的地質情況、構造等等。本篇中不能進行各礦床的敘述，因為，這些問題已經在上面所提的課程裏說清楚了。但是又考慮到研究生沒有學過這門課，我們就要比較詳細的說明各個問題，作為實際的參考材料，對於以後的實際和理論工作這些知識是必要的。

礦床工業類型的概念。礦床的工業類型應該了解為那些在量和質有國民經濟意義的以及有自己的地質、礦物和構造等特點的礦床，其意義不單單是指一定的金屬或某一種礦產，而且也指其他的礦產。幾乎每一個礦床都有其自己的這些或那些典型特點，也就是在某些地方區別於其他礦床。但是並非每一礦床都有工業價值，即並非每一礦床都能滿足工業要求。它可以有特殊的礦物、構造和地質等特點，但可由於礦物原料堆積不大或其他原因而不成一工業類型。因此，各個礦床只有當它在量和質上能滿足工業要求，能滿足國民經濟在其一定發展階段的要求時才能成為工業類型。某一個礦床要成為一種類型，祇有當這類型的礦床（一個礦床或一組礦床）能作為某礦產為主開採時，才算具有工業意義。『工業類型』的概念是隨着時間而變化的，是隨着新類型的發現、工藝、礦山技術的改變、工業上對新的原料類型的需要而變化的。某些礦床過去沒有工業意義，現在却由於對這種礦物原料的大量需要、工藝、探礦技術的發展及其他等因素而有了重要的意義，成為一個工業類型。例如，不久以前自從研究出從品位低的浸染礦石中提煉銅以及鉬等組份的工藝學以後，斑狀銅礦才成為一種工業類型。

下面幾個例子也是較為典型的：1）青瓦特（Цинквалд）礦和格拉烏潑澄（Грауптен）（捷克和德國）礦以前數世紀只開採錫，而鎢，這是現在最寶貴的原料，却丟在在廢石堆裏，因為那時對鎢的工業價值還不知道。有趣的是，等到鎢的工業價值知道後，這些礦上廢石堆又重新成為大力開採鎢的對象；2）鎳礦的矽酸鹽類型還不久，當研究出了從風化帶

的沉積物中提取這些金屬的工藝學以及研究了對這些金屬的加工改造以後才成為工業類型。

我們列舉的祇是個別的例子。從礦山工業歷史上可以知道許多事實，在人類社會發展的某個階段都是依靠一定的礦床工業類型以一種礦產為主而進行開採。但這是隨着工業上要求的變化而不斷改變着的。從上面所講的可以看出，工業上的要求對於找尋新礦床來說永遠是一種訂貨。隨着時間前進而要求對規模愈來愈大的礦床研究出新的提煉過程、礦石及其它礦產的加工方法、採礦技術以及解決其他許多有關找礦、開採和礦物原料工藝加工的問題。因此，『工業類型』的概念應該根據下列幾個基本特點：

1. 需要有一種礦產或一組礦產，其在質和量上要滿足在該階段工業發展的要求。
2. 礦床應有自己素有的地質輪廓或能代表一個或一組已知礦床的某些典型的地質特點。
3. 如果礦床有自己素有的地質特點，而且祇是它自己素有的，而沒有相同點，即不與別的礦床相像，而且也能滿足工業要求，則此礦床將是一種『新的類型』並成為一獨立的工業類型。

當一礦床在地質等特點上很近似已知礦床，則往往將該礦床根據其最主要的地質等特點類似的原則歸入這個已知工業類型。

4. 各個礦床歸屬一定工業類型的根據往往是地質、礦山技術、工藝及經濟等因素。這將在下面較詳細講到。

研究工業類型的必要性

在地質勘探、開採、技術加工各階段以及礦物原料的經濟處理（根據其自然特點）上，對工業類型的瞭解具有非常重要的實際和理論意義。

這意義非常大，因為在進行地質勘探、礦山開採和技術加工時期，特別是在它們的開始階段常常需要比擬，即比較已知礦床和新發現礦床的地質特點、開採方法、工藝方法等。根據共同點和特出點做出關於找礦、勘探方法、估價、礦山工作方法、工藝和經濟處理過程的結論。或以新發現或正在勘探的礦床為該工業類型的代表，與同類型的已知礦床作全盤比較。

在地質勘探工作方面，當找礦和估價新發現的礦床、勘探這些礦床以及進一步進行開採工作的時候，有關工業類型、它們的地質及地球化學特點的知識直接是找礦先決條件和標誌的基礎。沒有已知礦床的知識很難在方法上和理論上正確指導找礦和勘探，並在各研究階段也很難對礦床作估價。

下面就簡單地敘述一下工業類型知識在地質勘探工作主要階段的意義。

找礦。找礦工作階段工業類型的知識主要有如下意義：

1. 幫助正確地了解該找礦地區或該找礦面積內找尋各種礦產的最重要的地質先決條件和標誌（岩漿的、構造的、地球化學的、岩性的等）。
2. 根據已被了解的找礦先決條件和標誌並考慮到已知礦床而採取適合該區和所見礦產地質特點的最合理的找礦方法。
3. 發現了礦化露頭後能正確估價其規模及經濟意義。
4. 定出最合理的進一步研究和勘探的方法，而且也要研究區域的地質特點和研究新礦床的尋找。

勘探。在勘探階段工業類型的知識也有很大的意義：

1. 用比較的方法幾乎可以毫無錯誤地在新發現礦上確定成礦局部化的主要規律性、其形成的構造地質特點，甚至可確定礦體在空間的可能形態，這是從分帶性、礦物共生等的觀

點出發。

2. 較有根據地採用勘探、取樣及儲量計量等方法。

3. 估價礦床。

開發勘探。工業類型的知識也很重要。雖然在此階段已積累了大量『自己的』實際材料，但必竟還有許多不明確，自然需要採用類比法，與本類型的或與此類型相近的已知礦床比較，這是在進行各開採層勘探、找新礦體、取樣、計算儲量和估價等時做。

從上面簡單的敘述可以看出，在地質勘探工作各階段中工業類型知識的實際意義非常大，就是在研究整個地質理論問題，首先是成礦理論問題，了解那些對礦產在某種條件下局部化、形狀、礦物成分、大小等等有決定作用的那些規律性時，工業類型的知識也是有極其重要的意義。

已知礦床是一種自然實驗室，可以最明顯地看到自然作用的規律性。所以不研究這種最重要的實際材料就完全不能解決理論問題。

同時需要指出：地質人員在找礦和勘探時，要是不知道工業類型，就不能在理論上解釋它的特點和有效地進行上述工作，也不能對礦床及其遠景提出正確的估價。

礦床歸類的主要準則。在這個問題上一致公認的觀點並沒有。

根據蘇聯高等學校採用的教學大綱，在金屬礦產的研究裏除了研究所有類型有代表性的問題外，還特別強調指出，對於重要的、有代表性的主要工業類型的國內外礦床要研究建造及下列諸問題：

1. 地質構造特點；
2. 形狀；
3. 產狀；
4. 礦物成份和化學成份；
5. 礦石的構造和結構；
6. 這種類型的工業意義。

塔塔林諾夫（Татаринов П. М.）和別傑赫琴（Бетехтин А. Г.）原編的『礦床學』教科書裏工業類型的分類基礎是礦床的成因特點。

上面提到的教科書裏在每一種金屬工業類型分類的各章內，這一節就稱為工業礦床的成因類型，例如鐵等等。

因此，根據編者的意見，成因因素是主要的決定因素並作為金屬礦床劃分工業類型的基礎，而其他因素顯然是附帶的或是拿來一般地鑑定某一種礦產。

著『銅』一書的作者（找礦和勘探時的礦床估價，1951年）古達林（Г. Г. Гудалин）柯瓦列夫（Ф. И. Кавалев）劃分銅礦的工業類型是根據原料基地——礦床中工業組份的特性標誌進行的。

他們分工業類型時根據下列主要標誌：

1. 探礦的；
2. 工藝的；
3. 地質的。

下面我們對各組分別作一簡述（按古達林和柯瓦列夫）。

探礦標誌。按此標誌分工業類型時，著者把礦床的產狀作為決定性的標誌，當做開採和勘探工作的決定因素。

根據這些標誌他們把銅礦分成四個主要類型：1. 位於一定地層層位內的層狀礦體；2. 粗大的礦化散佈的網脈狀礦體；3. 脈狀和透鏡狀礦體；4. 不規則的交代礦體（礦株、

礦筒等)。

工藝標誌。他們根據礦石中銅的含量和儲量規模以及組合程度。他們根據下列因素：

1. 如果品位高，且是單礦物礦石，則可不選礦就直接熔煉。
2. 金屬含量低於平均品位則需選礦，因此，需要大筆投資建築巨大廠礦，開採及加工處所要靠近，因為長距離搬運是不經濟的。

既然要組織巨大廠礦，則儲量就該大。

3. 礦石非常貧時，工藝手續也要改變，廢除死板的手續（選礦、生銅熔煉、精煉）而直接轉到用水法冶金法從礦石中提煉出銅來。

4. 若有綜合的礦石，則提煉其他金屬就要結合冶金工業和化學工業。例如，在綜合礦石中除了提煉銅而外還開採硫酸或自然硫、鋅、鎳、金、鈾等。如果有銀，則 Ni 有主要意義，附帶提煉鉍族金屬和鉍。

大家知道，在銅鉬和銅鈷礦石類型是在礦石中提煉 Cu 和 Mo 或 Cu 和 Co（非洲中部等）。

地質標誌。分這種標誌時，著者們拿下列主要因素作為根據：

1. 礦石建造，包括礦石中礦物成分的共生特點，他們根據的原則是每個工業類型均有特殊的礦石建造。

2. 圍岩和它們的次生變化是作為遠景估價銅礦和指導地質勘探工作的最主要準則之一。

根據上述標誌他們分出十二種工業類型。

因此，總合上面所講的，不算細節，銅礦工業類型的分類標誌簡單地可歸納為下列主要因素：

1. 形狀和產狀（採礦標誌）；
2. 含量、儲量規模和組合程度（工藝標誌）；
3. 礦石建造、典型的共生和圍岩（地質標誌）。

我們不否認按照這些標誌劃分礦床工業類型的優點，但是他們沒有觸及一系列對於礦床分類非常重要的因素，例如經濟、一般成因及構造等因素。

C. C. 斯米爾諾夫的錫礦分類。

C. C. 斯米爾諾夫的分類是根據各類礦床的建造。他把建造了解為一組礦物成份上相似的、礦石構造上以及形狀和成因上均相近的礦床。

在 C. C. 斯米爾諾夫的分類表裏就直接指出了下述主要因素：

1. 礦床建造——偉晶岩建造、錫石石英建造、錫石硫化物建造等。
2. 礦床類型——石英微斜長石型、鉍輝石石英微斜長石型、雲英岩型、砂礫岩型等等；
3. 礦物成份；
4. 主要礦化作用——偉晶岩作用、氣液作用、局部有深成熱作用、接觸變質作用等；
5. 活潑的侵入岩——酸性和超酸性岩、花崗岩等；
6. 礦體主要形狀——岩牆、岩脈、礦化帶、破碎帶等。

每一種建造都有適應自己的特殊因素，我們只舉了個別情況作為上述分類的例子。

柯沙夫（B. M. Косов）和奧斯德羅明尼茨基（Н. М. Остроменцкий）採用這個分類時指出，鑑定錫礦各種建造和類型時，最要注意的是礦床形態和錫在礦體裏的分佈，而非成因特點及礦物成分細節。

有一本書的著者茨維德科夫（B. M. Цветков）除了對原生礦床與 C. C. 斯米爾諾夫

的分類相一致的，還根據錫石浸染程度和礦物成分而分出礦石的工業類型，作為工藝上用。他根據這個原則分出三種類型：1. 細微浸染型，2. 細小浸染型，3. 中等和粗大浸染型。

因此，這個最經過深思熟慮並有大量實際材料作為根據的分類也是不完全的。這個分類主要是根據礦物成份的一致和成因的近似，即『礦石建造』。

В. И. 斯米爾諾夫分礦床工業類型時主要根據以下一些因素：

1. 成因；
2. 決定成礦地段及礦體形態的構造；
3. 圍岩成份；
4. 礦石的礦物成份。

美國及其他國家的地質學家進行礦床分類時絕大多數是根據成因標誌的共同點：林格崙，貝特曼等是根據成因的共同點而分出了礦床的主要類型。例如，Au 和 Fe 等礦床的分類即是。尤其是貝特曼專門根據成因原則分類。

對現有礦床工業類型分類的一些意見。

從上述的礦床工業類型劃分的各種原則和那些作為分類根據的因素中可以作出下列一般性的結論：

1. 至今還沒有一個能為絕大多數地質人員所採用的分類。只有個別礦產的分類，如 C. C. 斯米爾諾夫的錫礦分類蘇聯許多地質學家廣泛採用，還有別傑赫琴的錳礦分類等。
2. 大多數分類的共同點就是承認成因因素是劃分礦床工業類型及礦石建造的最重要因素之一。

3. 大多數分類（美國和其他資本主義國家除外）的另一個共同點是承認如下因素：礦物成份、形狀、產狀和圍岩成份。

4. 反映該地段和該區域地質發展規律性的礦床形態成因以及這種或那種礦產的地球化學特點實際上沒有一種分類反映出來，經濟因素也是同樣。

5. 大多數分類顯然沒有足夠的論據，或者說沒有嚴格的進行工業類型分類統一的原則。例如，在古達林和柯瓦列夫的銅礦分類中很難知道，到底基於那一原則。這個銅礦分類有的根據礦物因素（銅鎳礦等），有的根據礦體形狀（細脈浸染礦、層狀礦體等），有的根據圍岩（砂礫岩、含銅砂岩等。）

同時需要指出：根據『礦石建造』的概況來分類是有許多缺點和錯誤的，因而，劃分礦床工業類型也就有了困難。

主要的缺點如下：

(1) 『礦石建造』的概念很不明確，至今在大多數情況下把『礦石建造』了解為礦物組合，礦物的共生。所以實際上根據建造分類是極不明確的，事實上是根據礦物成因因素。

(2) 根據這種礦石建造，個別的單礦物礦床就很難或根本不能分工業類型（汞、銻等）這些礦床大多數都無大量礦石礦物。

(3) 完全沒有考慮到構造因素，而構造因素是成因及礦體形狀等的基礎。

(4) 完全忽略了歷史地質因素，即含礦地段的形成和成礦局部化的規律性以及其他上面提到的因素。

7. 雖然成因因素在劃分工業類型時很有用處，但必竟不能只根據這些因素。對於許多在成因上往往很近似的礦床，成因因素並不能正確地提供有關它們的特點的概念。我們可以舉出許多成因很相近的礦床作為例子，它們或者是岩漿期的礦床，或者是熱液礦床等，區別僅在於有的是在『溫度較高』的情況下，有的是在『溫度轉低』的情況下形成。例如，汞和

鉛的成因是熱液成因，區別僅是可能壓力下的溫度差別。

根據這個原則某種成因的全部礦床需要歸屬於同一個工業類型，但是這完全不正確，更不要講成因本身往往是可爭論的，所以這樣分類是主觀的或沒有証據的。因而不考慮一系列其他因素，單純的成因原則顯然是不能接受的。

從上面所舉一些例子可以看出，礦床工業類型的分類不能僅根據某一個因素，而須要根據一系列因素。正如上面所指出的，不能只根據下列單個因素，如成因、礦體形狀、圍岩成份、活潑的侵入體等。所有這些因素在分類時均有各種程度的重要意義，但同時也不能完全解釋作為工業類型的這一或那一礦床的特點。

除了地質因素外，無疑還需考慮工藝、採礦技術、地球化學及經濟等因素。『工業類型』本身這個名詞已使得要考慮上述因素和時間因素了。正如上所述，各個礦床的工業類型是隨時間而變化的，這就使個別類型隨着時間不同而失去自己的工業意義。例如脈狀銅礦現在只佔探銅總儲量的 4—5 %，現在主要是開採其他類型的銅礦床，而過去却起過非常巨大的作用。對於『鐵帽』即黃鐵礦類礦床的氧化帶來講大致也是類似的情況，以前曾從鐵帽中採過鐵。現在需要的是大規模的鐵礦，它們作為工業類型幾乎沒有任何意義。

還可用錫礦來舉一個例子；自從在砂礫岩裏發現了白錫礦後就有了新的礦石類型。

工藝因素對工業類型的改變也起很大的作用。例如現在可從硫化物中提煉出金來，因為工藝過程的改變，因而工業中有了新的礦石類型。有許多種礦石是因為可以綜合提煉金屬而變得有價值了，因為工藝手續的改變而可既提取主要的，又提取次要的金屬。例如，銅和鋅可從次生石英岩、稀土及其他礦產中取出。

礦山技術因素也起着很大作用（礦山技術，開採方法等）。由於這些因素故可開採其他礦石，但須有大的規模，即儲量大（次生石英岩中的銅浸染礦石也同樣）。

我們覺得，既然這裏進行分類不是要成因分組或是為了某些其他地質目的，而是為了知道它們的工業和國民經濟意義，那麼只限於地質上的因素顯然是不夠的，僅是地質因素不能反映所有的特點，來說明這個或那個礦床究竟是否為『工業類型』。

在地質勘探實際工作中估價礦床一般應根據下列主要因素。

1. 礦石建造，礦物成分和有用組份在現時的工業價值以及工業對該礦物原料的要求。
2. 礦床規模（儲量）、礦產集中程度（品位）及其形狀。
3. 一般的地質因素（構造、岩性、火山活動、成因）以及區域礦區其他決定礦產成因及礦體形狀成因的因素。
4. 礦體形狀、產狀要素、圍岩及其他在勘探和開採時須考慮的因素。
5. 工藝因素（有益和有害雜質、綜合程度、礦石的構造和結構）以及其他在礦石煉取和加工時須考慮的因素。
6. 經濟因素（有利的或是不利的）。

簡單地綜合上面所述我們認為按地質因素的分類還須要根據下列兩個原則：

1. 成因或形成該礦床的地質條件。能反映地質環境的地質地球化學規律性，後者決定了礦產的局部化。
2. 形狀、品位、礦體規模以及其他在量和質方面能具體反映內生及外生條件下上述地質介質作用的因素。

我們認為必需這樣劃分有如下原因。無疑，對地質介質及決定該礦床成因的規律性的知識很重要。這能在理論上和方法上幫助更正確地進行找礦、從查明可能的找礦先決條件和標誌等的觀點來提出預測估價。但這一點完全還不夠，在個別情況下，由於成因有爭論或不明

而在勘探、開採和對礦床作工業估價時一點也沒有幫助。所以知道礦床質和量的特點也很重要（像要知道成因一樣重要），在實際方面這一點是起主要作用的。例如計算儲量首先須知道礦體的體積和含量。

因此，不僅須要考慮成因因素，同時要考慮決定礦床質和量方面的因素。

根據上述最主要的因素（不考慮這些因素就不能估價礦床），我們認為這些因素應作為礦床劃分工業類型的根據。

那些只根據一般地質因素組合（包括礦石建造）的分類顯然不能相當完全地說明一個礦床是工業類型。「工業類型」的本身概念不僅要求考慮地質因素，而且也要求考慮礦山技術的、工藝的、經濟的甚至像時間這樣的因素。

上面我們舉出的原則既考慮到了理論根據，又考慮了礦床估價部分的地質勘探工作的實踐。

須要指出，不僅應永遠考慮對某一礦產的總的要求，同時也要考慮對該礦產個別類型的要求甚至是對礦產某一種類型的個別礦床的要求，這些『單個的』因素往往是研究礦床及對它作估價的根據，並促使能最正確地估價礦床。

金屬的工業分組。分組一般是根據這些或那些金屬和礦產所具有的物理化學特性。正因為有這些特性，礦產在工業中可被利用。如以金屬來講，金屬工業利用了這些特性，便可得到人們所需要的各種合金。在工業上通常把所有金屬分為下列幾組：

1. 黑色金屬——鐵、錳、鉻。
2. 有色金屬——銅、鉛、鋅、鎳和鎘。
3. 稀有金屬——錫、鎢、鉭、鈾、汞、鉍、鈳、碲。
4. 貴金屬——金、銀、鉑、鉍、銻等。
5. 放射性金屬——鐳、釷、鈾。
6. 稀土元素金屬——鈰、銩、鐿、釷、鈾、鐳等。

最近還分出一組輕金屬，它的代表是鋁。

各種礦產在現在工業中的意義簡述

上面已經說過，礦產在人類生活中的作用非常大。根據人類社會發展各個階段中所應用的礦產而給時代定出名稱，如石器時代、銅器時代和鐵器時代等是。礦物原料在工業中的地位是很重要的。金屬工業中包括三十多種不同的金屬，如果拿非金屬原料來講，則有九十到一百種礦物原料。

但並不是所有金屬和礦產在其特性上都有同樣的工業意義。有一些礦產由於它們的特性，大量的在工業中被利用，而另一些礦產也由於它們的特性，在工業中被利用的量不多。

所有這些情況在找礦勘探時都須知道，以使我們能正確估價所遇到的或正在勘探的礦床。下面簡單地講一下各種礦產在工業中利用的規模。

黑色金屬。這組金屬是生鐵和鋼。在工業中利用的量最大。大家都知道，生鐵和鋼的產量是一個國家經濟發展的指標之一。沒有一個經濟部門不須要利用這些金屬的成品。

所以這組金屬的礦床，應該儲量大和品位高。

有色金屬利用的量也很大，但比起黑色金屬組規模要小得多。

這些金屬的合金，在工業的很多部門都用得着（航空製造業、電氣工業、造船業等）。這組金屬可單獨應用，也可成為合金應用。這組金屬礦床的儲量比黑色金屬礦床的儲量要小得多，品位也低的多。

稀有金屬。這組金屬特別在最近在工業中已具有很大的意義。

它們主要用作熔煉各種鋼的加料，這些金屬加料，只要很少的量就能大大提高合金的主要特性，如硬度、彈性、自淬性、抗蝕性、切削性等。

由於上面所指出的這些特性，所以現在很注意找尋這些金屬。沒有這些金屬即不能發展冶金工業及其他工業部門。

對此組金屬的儲量，要求比前面幾組低的多，而工業品位只需達到 0.1%，有時甚至達到 0.01%，特別是當礦石可綜合加工時。

貴金屬有很大意義，特別是可做貨幣，但它們也大量被用在其他目的上。鉑因為具有自己的特性，如難熔性，導電性以及化學穩定性，被大量用在化學、電工等工業部門，同時也用在裝飾和牙醫事業上（達三分之二）。鉑通常是與鉍、金、銻、銅、鎳等組成合金而利用。

金廣泛的用來做鑄造貨幣、裝飾品、玻璃和儀器的上彩等。

這些金屬礦床的儲量，比前面幾組更小，它們通常只有數公斤或數噸。

放射性金屬組特別在現在許多技術部門中具有非常重要的意義，因為它們有放射性。這些金屬不管溫度和壓力怎樣，始終能自在地、不斷地變成另一種元素的原子。

1938 年起，即當人們知道可以用人工方法在中子爆炸的影響下，使原子核「分裂」以後，這組金屬在技術上，特別在當作戰略原料上，它的意義大大提高了。

現在對此組金屬的找尋，特別重視。

這些金屬礦床的儲量是以數公斤或數噸計算的。

稀土金屬組。這組金屬最常應用於下列工業部門：冶金工業、玻璃製造、陶瓷工業、光學部門、人造燃料、製造各種合金等。

下面舉出稀土應用的個別例子，鈾和鈾合金可應用於高溫切削時，需要高度堅固性的場合下。

鈾作為漆料用在做耐熱的、不很膨脹的鋁合金，鈾加入鋁合金，以做成內燃機。航空工業中需用對溫度條件有高度固定性的合金，是種合金含鎂 93%，鈾 5.5% 和錳 1.5%。

很多稀土合金在生活中有廣泛的應用。例如打火機中的「電石」等是，必須指出，做打火機的「石頭」主要是由鈾組的稀土組成 76%、銅 4%、鎂 2% 和錫 2% 而組成。

鈾還用在鑄鐵生產中，它加入後能提高熔融體的流動性並促使驅逐其中的氧、氮和硫，增高成品的硬度。

玻璃製造工業中稀土用量更大。鈾、鐳、鋇和鐳能使玻璃清潔、明亮、對火焰無感應性，燃燒時不起變化。含鈾的玻璃呈淡黃色，氧化鈾和鋁的混合物能使玻璃着成綠色。

鋇和鐳因有鮮嫩紫色，故可用來製造藝術用玻璃。

稀土在陶瓷工業中用途亦很大，特別是着色瓷器，例如鎢酸鈾能顯鮮藍色，磷酸鐳——綠色，鈾化鈦——鮮黃色。

我們祇舉出了個別例子說明這些具有極大價值的金屬的用途。

它們的價值還會更大，因為和稀土一起常遇到鈷，鈷是一種放射性金屬。

這些金屬的找尋有很大意義。這些金屬常產生原生礦床和砂礦內，例如印度的特拉瓦科爾二長岩砂礦以及中國的白雲鄂博原生礦等是。

非金屬礦產。這組礦物原料在工業中有着極重大的價值。這種礦物原料愈來愈多地在工業中增長起來了。現在工業中已有的非金屬礦產已有 90—100 種以上。

我們知道，地殼中分佈最廣的八種元素中（八種元素組成地殼的 98.6%）有七種參加

了這組礦物原料（O、Si、Ca、Na、K、Mg、Al、Fe 除外）。

非金屬礦物原料幾乎用在所有的經濟部門，例如，用於化學工業和農業（鉀鹽、磷灰石等）、建築及築路事業、作為研磨料、絕緣材料（石棉、雲母等），做收斂建築材料（凝灰岩、石灰岩、石膏等），作為陶瓷及耐火材料的原料（黏土、高嶺土、石英等），耐酸材料（滑石、安山岩等），用於造紙業、橡膠業，作用食品的填料以及其他等等（滑石、重晶石、石墨、白堊、彩色黏土等）。

從上面所說的可以看出，非金屬礦物原料在人類生活中的作用是多麼大。今天已經不能想像各經濟部門可以不廣泛應用非金屬礦物原料了。

這一切都使我們必須要知道非金屬原料主要種類的特點及其用途，所以找礦時需要非常注意這一種有價值的礦物原料。

前面我們已經指出，找礦應是綜合性的，即找礦應該不僅找一種礦產，例如單找金屬礦石或某一種金屬，這樣做是不對的。找礦應該在那些尋找金屬的地區上同時找非金屬礦物原料。

只有綜合找礦才是在方法和經濟上唯一正確的，因為保證國民經濟需要所有的礦物原料。

可燃性有機岩。儲量極大。這種礦物原料在人類社會中也有很大的意義，據統計世界年產礦物原料的總值煤佔 61%，石油佔 12%。

用重量來表示，根據加彼耶夫（Галеев А. А.）的統計世界礦物原料年產量中，煤佔 70%，石油佔 4%（1926 年）。在第二次世界大戰時（1941—1945 年），各種礦物原料（包括建築材料）的開採量每年約為 30 億噸。

下面我們舉出蘇聯燃料情況表：（按加彼耶夫）

燃料種類	1908 年	1913 年	1937 年
		（以百分計）	
木柴	56.5	25.2	9.6
泥煤	3.5	1.4	5.2
稻草	11.2	—	—
油頁岩	—	—	0.40
石煤	22.1	54.5	66.6
石油產品	6.7	18.9	18.2
（共計）	100.0	100.0	100.0

可燃性礦產在蘇聯的開採量。

	1913	1933	1937	按 1950 年計劃
	（以千噸計算）			
煤	29.000	76.000	127.300	250.000
石油和天然氣	9.230	21.430	30.500	35.400
泥煤	1.638	13.846	23.800	44.300

從上面的材料可以看出，可燃性有機岩在其他各種礦物原料中的意義是多麼大。

可燃性有機岩的主要種類有：煤、油頁岩、石油、天然氣及其他瀝青。

因為可燃性有機岩的找尋及勘探方法有許多特點，並且有專門的課程敘述，所以本節中不作詳細介紹。我們只指出一點，即可燃性有機岩在人類社會中作為一種礦物原料來講，有着極大的意義。

原

书

缺

页

原

书

缺

页

黑色金屬組的工業類型

鐵

鐵的經濟學，如鐵礦作為一種工業類型，只對它的要求主要如下：

- (1) 儲量大；
- (2) 品位高，並有適當成份（礦物共生）；
- (3) 有害成份的含量要與工業上的相適應，因為要考慮它們的工藝手續，物理特性和冶金技術。
- (4) 要有優越的地質、礦山技術和經濟因素。

從上面所指出的因素中，勘探礦床時起主要作用，是前三種因素，即儲量、品位和有益與有害成份的量。

儲量——鐵礦通常需有很大的礦石堆積：小礦——數百萬噸，中礦——數千萬噸，大礦——數百萬噸，非常大的礦——數十萬萬噸。

根據上面提出的材料可以看出，當把鐵礦作為工業類型估價時，儲量有着很大意義。

雜質及它們的量：

(1) 貝氏生鐵平均含量：C 3.75—4.00%，Si 1.25—1.75%，Mn 0.6—1.00%，P 0.06—0.09%，S 0.04—0.96%。

(2) 托馬氏生鐵平均含量：C 3.0—3.5%，Si 0.2—0.6%，Mn 1.0—1.5%，P 1.8—2.2%，S 0.08% 以下。

如果要製特種鋼則需要專門加入適當的化學成分，例如 W, Mo, Ni, 稀土等。

如果要知道更加詳細的材料，可到專門的文獻中去找。

世界儲量（1938 年）

- (1) 世界儲量 50,039,300 萬噸。
- (2) 蘇聯 2,673,500 萬噸，或世界總儲量 53.44%，
- (3) 美國 9,432,400 萬噸，或世界總儲量 18.84%，
- (4) 英國 1,216,800 萬噸，或世界總儲量 2.43%，
- (5) 法國 1,179,000 萬噸，或世界總儲量 2.36%，
- (6) 德國 154,800 萬噸，或世界總儲量 0.3%，
- (7) 中國.....

外國鐵礦年產量平均為 15—20 千萬噸，含鐵石英岩佔總儲量 50—55%，（對其他種類礦石來說）例如蘇聯儲量比例大致如下：（1）含鐵石英岩——2,564 億噸；（2）其他礦石——109 億噸。因此這一種類在經濟上最有遠景的，其他鐵礦類型比較起來只有附帶的意義，即儲量小。

鐵的品位，鐵在礦石中品位應很高，同時要指出對鐵礦石質量要求在各種不同情況下均有不同，這決定於礦產的規模、地區、有害和有益雜質等因素，鐵的品位應高於 20—25%，對各種類型礦床通常需有下列各種品位：

- (1) 磁鐵礦——55—60%，
- (2) 假像赤鐵礦——55—58%，
- (3) 褐鐵礦——40—50%，

(4) 菱鐵礦——30—35%，

品位較差的礦石大致 25—30%，甚至還低些，則需選礦，選礦的主要方法如下：磁性分離，沖洗和燃燒。

礦石的定性鑑定，決定於鐵的物理化學特點，礦石的質不僅決定於鐵的品位，還決定於雜質的存在，雜質分有害的，有益的和中間的。有害雜質為 S, P, As, Ph, Zn，有益雜質為 Mn, Cr, Ni, Co, W, Mo, Ti, V 等，但這些雜質應有一定的含量。例如在已加工的生鐵中只能達到 2% 以下。許可的雜質決定生鐵加工的主要方法，——貝氏法、托馬氏法和馬丁爐法。

貝氏法礦石含鐵 60% 時許可雜質為 P：—0.05%，S 少於 1.5—1.75% Mn—1.6%。

托馬氏法熔煉時礦石含鐵 40% 時：P 1.1% 以下，Mn 1.3% 以下。

馬丁爐：P 0.3%，S 不應有。

生鐵中的 As 在含量超過 0.02% 時即為有害雜質，而 Pb, Zn 含量超過 0.1%，Cr 超過 2% 時為有害雜質。

精煉生鐵中的含量。確定含量如下：用馬丁爐時磷的含量不能超過 0.3%，貝氏爐 0.07%，托馬氏爐，1.5—2.2%，鑄鐵中磷的含量允許從 0.15% 到 0.03%，特種鋼到 2.2%。

形成礦產的地質條件。

沒有大家公認的 Fe 礦分類。下面提出最為普遍的鐵礦分類。

烏斯品斯基 (Успенский Н.А.) (塔塔林諾夫和別捷赫金原編「礦床學」) 根據所有鐵礦床的地質特點而分為下列工業類型：1. 磁鐵礦礦床；2. 接觸交代礦床；3. 熱水溶液礦床；4. 鐵帽(硫化物和菱鐵礦礦石的氧化帶)；5. 紅土風化礦床；6. 淋濾礦床；7. 砂礦床；8. 沉積礦床；9. 變成礦床，變成礦床可從上述各組礦床變來。

В.И. 斯米爾諾夫把全部鐵礦分為如下數種工業類型：1. 海相和湖沼相鐵礦；2. 變質鐵礦；3. 砂礫岩鐵礦；4. 岩漿鐵礦；5. 熱液鐵礦；6. 風化殼鐵礦。

卡沙特金 (Касаткин Н.Ф.) 把鐵礦分成兩大類——外生和內生，外生和內生礦又根據成因特點而分為各組。

外生礦床，卡沙特金把這大類分為：1. 沉積礦；2. 風化殼礦。

內生礦床分為：1. 正岩漿的；2. 接觸交代的；3. 氣成的；4. 中溫熱液的；5. 成因不明礦床。

按美國貝特曼 (Бэтман) 分法，鐵礦工業類型為：1. 岩漿的；2. 接觸變質的；3. 交替的；4. 沉積的；5. 殘積的；6. 氧化的。他並指出，沉積，岩漿和殘積作用能形成最重要的礦床。

從上面所列舉的分類可以看出，烏斯品斯基和斯米爾諾夫的分類，原則上並沒有區別。其主要的區別僅在於斯米爾諾夫所分的礦床數目少些和名詞上稍有出入。例如 В.И. 斯米爾諾夫稱砂礫岩類型來代替接觸變質類型，但這實際上本質並無所改變。

關於卡沙特金的分類大致也應該提這樣的意見。所謂成因不明的礦床組是一個不明確的問題，這組礦床包括變質礦床 (Метаморфизованные)，或像個別地質人員所稱的沉積變質鐵礦 (克里伏羅格 Кривой рог, 上湖 Верхнее озеро, 鞍山, 廟爾溝等)。這些鐵礦的成因現在還不明，所以得到了這樣的名稱。

貝特曼 (美國) 的分類已經像上面所說過的一樣完全根據成因原則。像分出交替，沉積和殘積礦顯然是沒有根據的。分出這組礦床或獨立的類型並不完全有根據，而且實際上這種類型的礦床應該歸屬表生成因組。所以這些類型最好分在表生條件下形成的礦床組裏。

由於鐵礦的工業類型是存在於最多種多樣的地質條件下，並且它們的成因特點很廣泛，從正岩漿成因到沉積受變質，而且其他的因素也變化無常。因而我們認為，最好按成因原則把它們分成下面主要幾大組：1. 岩漿成因的；2. 表生成因的；3. 變質成因的。

這樣的劃分能最完全地反映出地殼中形成鐵及所有的其他礦產時存在的最主要作用。「成因部分」課程裏（即研究形成礦產的地球化學及物理化學時）實在也是按這樣的原則來分類的。

我們覺得礦床學「理論」和「各論」部分兩課應緊緊地相互聯系並反映地殼中實際發生的作用，是相互補充的。

上面根據地質因素分出來兩大組鐵礦工業類型，這兩組中還應當根據它們的共同和特殊點再分成各種類型。

下面就舉出最主要的地質因素，這些因素合起來就能給予一個最完整的關於這兩大組鐵礦床中每種類型的概念。

根據表生條件的礦床分類。根據上面所指出的因素，全部表生礦床可按地質條件及形成地點分成下列主要工業類型：

1. 陸地的，在湖沼地質條件下形成；
2. 海裏的，在大地槽地質條件下形成；
3. 風化的，依靠 a) 岩漿岩及其他岩石和 б) 硫化物及其他礦床的氧化（鐵帽）。

所有這些類型我們又可根據下列因素來描寫：

1. 形成的地點和地質條件；
2. 構造結構特點；
3. 礦物化學特點；
4. 形狀，堆積規模，品位等；
5. 它們的形成時間；
6. 圍岩；
7. 變質程度；
8. 已知礦床的例子。

我們只列舉了最重要的因素，這些因素是正確了解這些礦床所極需要學習的。根據上述原則鑑定各種類型以前，我們先舉出全部表生成因礦床的一般情況，作為參考。

需要指出，我們上面所列出了分類和應作為分類根據的那些主要因素，要求研究者不要形式地，只根據一個或兩個單獨的因素，而要從廣泛的科學基礎上，深入地分析，考慮許多因素的組合，（例如形成地點，該原素的地球化學特點，形成礦床地點的構造因素，形成時間，礦物特點及其他因素），把這些因素看做辯證統一的和發展的。

正如以前曾說過，僅是一個成因因素不能正確客觀地了解某一個礦床的地質作用，形狀，品位和其他物理化學及地球化學特點。所以我們認為所有的其他分類在科學上的根據是不夠充分的。但這是我個人的意見。

今後的分類以及這種礦床類型的研究應當按照上面我們所提出的方向去進行。

Fe 鐵形成的概況。

表生形成條件，已從名稱本身即可知道，這種礦床類型主要是因岩漿岩風化的物理化學作用的結果形成（根據 Fe 的地球化學的特點）。

它們形成時最特殊之點是：1. 大陸濱岸或海水條件的沉積帶；2. 陸台或大陸凹陷沉積帶，封閉盆地（呈大大小小的湖沼海灣）很發展。3. 在母岩原地或近旁形成的礦石，或

稱為 a. 風化殼礦石和 б. 氧化帶礦石（鐵帽），主要是硫化物和菱鐵礦礦物等。

Fe 礦石的生成（Происхождение）的一些概況。大家都知道鐵是很惰性的元素並常常沉在被破壞的原生岩附近或原地。

Fe 的來源因時間不同而稍有些區別，例如某些地質學家認為：1. 從寒武紀開始，Fe 的來源就是岩漿岩，並主要是基性岩石。2. 較古的時候（寒武紀前）Fe 的形成可能是火山活動的結果，因此大洋水裏熱液帶來了大量被溶物質，其中包括鐵的化合物。

個別鐵礦也可能是先前形成之 Fe 礦受風化的結果。這些情況猶在爭論着。

Fe 的沉積和搬運條件，根據現有的看法，岩漿岩風化後可以形成殘積礦床或呈易溶的複碳酸鹽 Fe (HCO_3)。膠溶體被帶走。有腐植質保護膠體時，Fe 可呈氧的化合物，也呈有機化合物，偶然也呈硫化物 ($\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 和氯化物 (FeCl_2) 被搬走。

因此就需指出：由分析得知，河水中被溶 Fe 佔河水中全部鹽的 2.75%。海水中 Fe 却溶解得很少。根據維諾格勒多夫 (Виноградов) 的統計 Fe 在水中的量約為 $5.0 \cdot 10^{-6}$ (百分重量)。

如果比一下 Fe, Al 和 Si 的總量，則這些元素每年被河水帶走的有 31,917 萬噸，因此有根據推想這些元素的不活動性，它們大部份都沉積在陸地上沉積物裏，餘下部份幾乎全部在濱岸地方，即溶液與海水接觸的地帶。

Fe 主要是在濱岸條件下，由於海水對膠體溶液起了反應而沉澱在膠體與海水觸及的地帶。

我們看出陸地上的鐵礦主要是在潮濕的氣候條件下，有適當的或高的溫度時形成；同時鐵礦在氣候太熱或溫度太低的條件下是不能形成的，此原則可由鐵礦常位於有碳酸相的地方來証實。

沉積鐵礦石的構造特點。

根據斯特拉霍夫 (Страхов) Fe 礦最常沉在淡水瀉湖和陸棚中，Fe 與岸的距離比 Al 遠些，比 Mn 則近些。

在時間上，Fe 礦大部分在大地槽條件下形成，而後遷移至陸台地區並有一部分至前淵拗陷地區。

形成殘積鐵礦石最大特點就是那些有富含 Fe 的岩石發育區域準平原作用時期。

形成湖成 Fe 礦的特點應該假設為氧化鐵從較高地段沖洗下來並集中在湖濱地帶的作用。因為鐵礦石中沒有碎屑物質，故陸棚或許是弱切割的。

同時也假設 Fe 礦在海裏形成地點是海盆地切割厲害的海岸線，有島的地方，總的說來，在其平原性質的大陸濱岸部份。

總的說來形成鐵礦最標誌的構造特點是陸台和大地槽條件，因此礦床也根據這點而分類。

礦床的礦物成份和礦物類型。

根據礦物成份主要類型有：氧化礦石、菱鐵礦，鱗綠泥石——鱗綠泥石和硫鐵質礦石。

形成礦床的物理化學條件。

1. 在氧化環境中形成氧化鐵礦石。這種礦石分佈最廣也最有實際意義。
2. 在還原環境中形成菱鐵礦和鱗綠泥石礦石。
3. 在強烈的還原環境中形成鐵的硫化物。

鐵的氧化礦石通常有如下礦物：針鐵礦組（針鐵礦 HFeO_2 ）鐵礦 FeOOH 。褐鐵礦 Лимонит $\text{HFe}_2\text{O}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 和赤鐵礦 Fe_2O_3 （針鐵礦和褐鐵礦 Лимонит 的自然混合物）。