

矿床工业类型

B. M. 克列特尔 著

地质出版社

矿床工业类型

著者	B. M. 克列特	尔
譯者	謝宗武	等
校者	李家駒	
出版者	地質出版社	

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市書刊出版業營業許可証出字第050号

发行者	新华书店
印刷者	地質出版社印刷厂

北京安定門外六鋪炕40号

印数(京) 1—7000册	1959年4月北京第1版
开本 33''×46'' ¹ / ₃₂	1959年4月第1次印刷
字数58,000字	印张 2
定价(10)0.34元	統一書号: 15038·660

目 录

一、黑色金属及其合金金属.....	4
二、有色金属.....	17
三、貴重金属.....	29
四、稀有及分散元素.....	32
五、非金属矿产.....	44

矿床工业类型

B.M. 克列特尔

地質普查工作对世界各种矿产的儲备每年都有增补。如今各种矿产和各种成因类型的矿床，其数目很可能已經有成千上万了（尚未就文献加以統計）。同时大家也都很清楚，在世界經濟中起主要作用的只是某几种类型的矿床，另外还有几种类型来着輔助作用，至于世界上其余的大量矿床，实际上是沒有任何工业价值的。

十分显然，可以明确地划分最重要的（工业）矿床，也就是把矿床的工业类型加以划分（或者分类，虽然这个名詞过于严重些）的时候早已来到了。現在如果不了解这些类型，要进行野外普查工作，要解决取样和勘探問題，以及解决將儲量提交全国儲委批准的这样一个极其重要的問題，都是很困难的，而有时甚至是不可能的。把矿床的工业类型作了分类，普查人員、勘探人員、物探人員、采矿人員及从事开发工作及經濟工作的人員彼此之間，就可以有一个必要的相互了解。所有的一般地質人員、普查人員和勘探人員，以至所有的大学生，都必須了解工业类型；这些人不可能記住成千上万的各种各样的矿床，但最主要的工业类型却必須要牢記在心。唯有实际从事野外工作的普查人員和勘探人員才能体会到了解矿床工业类型——尤其是在开始工作时——是多么重要。

此外，如果探索一下自然界中各种元素及矿物的习性，那就可以在成因分类中划分出很多的类型。例如，銅在早期和晚期岩漿阶段，从超基性至超酸性（包括偉晶岩在內）的各种岩漿中，都可产生不同規模的矿化現象（一般是黃銅矿，其次是輝銅矿和銅的碳酸鹽类矿物）；生成銅最多的是在接触變質过程中以及在各种溫度帶（包括高

溫熱液、中溫熱液、次中溫熱液、低溫熱液、超低溫熱液)以至溫泉中，常常有菱形輝銅礦沉澱下來。殘余銅礦床雖然實際上是被看作鉄帽的，但也是大家所熟知的。還有許多小型的銅礦化現象則是由于冷水的作用而生成于地表附近的。大家還都知道，在沉澱過程中也有各種銅礦床和礦化現象出現。在變質岩層中產有黃銅礦，這也是每個地質人員都知道的。由此可見，銅是在從岩漿起到變質岩止的一切成因類型中都能見到的，但是銅礦床的工業類型卻只有五個（詳見下文）。

只要探索一下元素和礦物的習性，這樣的例子是不勝枚舉的，幾乎是每一種元素都是如此。但是僅僅通過這個例子也已經足以表明，除了成因分類之外，工業分類也是有其必要性的。

提出劃分礦床工業類型的問題，並不是要取消，相反的正是加強合理的礦床成因分類工作。十分顯然，在一切自然科學中成因分類都是認識的基礎，這幾乎是不需要加以考證的。但遺憾的是，現在在科學中通用的林格崙、尼格里、施奈德爾亨、奧勃魯契夫等許許多多的分類法，均不能滿足實際要求。蘇聯科學家 G. C. 斯米爾諾夫曾經提出過一些較好的分類原則，但是很可惜，他未能完成這一有價值的工作便去世了。

現在，合理的途徑只有一個：除了成因分類外，還要制定礦床工業類型的劃分^①。劃分礦床的成因類型和工業類型，不可能局限於一國一邦的範圍，它們可以而且應當當作規律來研究，有時則可以當作地殼的特殊現象來研究。這也就是說，研究這一問題所抱的態度是和研究地質學領域的其他大多數學科一樣。抱着這樣的態度，甚至在組織工作及方法方面也是正確的；每一個地質工作者，特別是象中國和蘇聯這樣的大國的地質工作者，都應當更加堅毅地去找尋那些在本國尚未發現的礦床類型。當然，每一個幅員廣大的國家也可以為了本國的需要，用“自己的類型”去補充世界上的各種主要類型，這對該國家來說，這樣做也是完全正確的。

①因為要制定每一種礦產的分類，因此，在這裡應該更確切地稱之為劃分，而不稱為分類。

具体地研究了这个问题之后，那就自然只有开采量佔世界总开采量 1 % 以上的矿床类型才能認為是工业类型了。一般这个数字在 3 % 到 5 % 之間。当然，对“工业”类型作这样的說明，其中是有假定的因素的，不过照我們看来还是完全恰当的。如果有某一个国家从該国特有的某一类型的矿床中能够开采出佔世界总开采量 0.3—0.8 % 的矿石，那末自然，在这个国家中除了世界类型外，还应当具有“自己的”类型。在分析研究矿床工业类型問題时应当考虑到，在某些条件下每一种类型中都可能包括一些不具有工业价值(在質上或者在量上)的矿床。

研究工业矿床分类問題的历史还是不长。本文作者于1932年曾經在苏联的伊尔庫茨克对当地的地質人員作过一个报告，題目叫作“銅矿床的工业类型”。从1933年到1939年，作者在講学时(在謝尔戈·奥尔忠尼启則莫斯科地質勘探学院以及在М.И. 加里宁莫斯科有色金属及黄金学院)也曾談过这个问题。作者在1940年出版的一部大家熟知的教程“矿产普查与勘探”中提出了分类法。在外国的文献的資料中，据作者所知道的有里利(Lilly)的一部教程“有用矿物地質学”，它是1936年在美国用英文出版的。

里利在这本书中提出了某些矿床的工作分类，虽然他还是从成因观点出发的。在近几年来則有B.И. 斯米尔諾夫的“金属矿床普查勘探的地質原理”教程，在其1954年和1957年兩版中都述叙了工业类型。此外在苏联全国儲委1954—1957年的所有规范中以及矿物原料研究所1957年的各种方法指南中，也总要提及或者規定矿床工业类型。但同时也必须指出，划分矿床工业类型的基本原则究竟有哪些，这个问题还不能認為已經最后解决或最后肯定。

本文作者認為，应当把对地質体(例如：岩层、岩盖、岩牆等等)的了解作为基础。采取这样一种方法，工业分类就似乎变成为廣义的成因分类了；此外还应当廣泛利用地質学这门科学的二百年来的成果。碍定一个地質体的要素有：(1)形狀以及与之有关的产狀，(2)与形狀密不可分的質量，(3)圍岩。当然，要想了解作为工业上的等級准則的形狀还必须知道地質体的大小。要想确定工业矿床的类型也必须了解这些东西。

当然，本文中所划分的矿床工业类型不能认为是完全不能加以变动的，它们可以有所增补，在个别情况下某些类型也可以予以取消。随着矿床勘探工作的开展，往往会出现新的矿床类型。例如，沉积岩系中的合铜砂岩层状矿体这一类型实际上是自1926年以后才发现的，钛矿床的各个工业类型也是近二十年来由于钛的需要量有了急剧增长之后才出现的。稀有元素矿床(Be, Li, Na, Nb, Zr等)的工业类型也都是新近出现的，这些类型不能认为是相当定型了的。

作者认为自己这篇文章还有很多不尽完善之处，尤其是在所划分的工业类型的数目及其特征方面。这一极为重要的问题需要依靠集体创作的努力来详加研究，而作者在以前却简直只是一个人在单独工作着。通过现在的研究工业类型划分问题的的工作，很可能会使过去所制定的表格要作重大的修改。此外还必须指出，在所列举的储量数字中，苏联及社会主义阵营各国家的数字大部分都未包括进去。

一、黑色金属及其合金金属

铁

钢(G—0.2—1.5%)、生铁(G—2.5—1.5%)、熟铁(G—0.04—0.2%)、各种特种钢(加添了Mn、Cr、W、Mo、V等元素)以及各种各有其独特用途的铁合金。一般地说，上面提到的这些产品是工农业中的一切方面都要加以利用的，铁的利用仍是一切现代技术的基础，离开了铁是不可想象的。

工业对各种铁矿石的要求极为繁多，以致构成了一个特别的知識領域。如果說許多矿产的工业价值都是按有益組份的百分含量来确定的，那么这个指标对铁矿石來說就不够了。还必须要知道一切有宜組份的含量、一般的化学成分和矿物成分以及矿石的各种物理性質。对于平爐煉鋼和高爐煉鋼，以及電爐冶煉生鐵和直接还原等不同用途，則对矿石的要求也各不相同。

在現代黑色冶金工业的发展水平上，把原矿用来冶煉的現象已經

减少到最低限度了。虽然对铁矿石很少进行选矿，原为一般都是利用富矿，然而把毛矿进行最简单的初步加工，即加以分选，分级，却是广泛采用的办法。在黑色冶金工业中用的是经过粉碎、分选和灼烧过的矿石、烧结矿以及由富矿碎末制成的矿砖。通过选矿取得的块状精矿、精矿碎末制成的矿砖和烧结矿各有各的用途。有时这些产品与轧钢屑或炉尘等一类冶金工业的废物混合起来利用。

最主要的工业铁矿石有如下几种：磁铁矿 Fe_3O_4 (Fe—72.4%)、赤铁矿 Fe_2O_3 (Fe—70.0%)、褐铁矿和针铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Fe—48—63%)、菱铁矿 FeCO_3 (Fe—48.2%)。

各种矿石在高炉中还原的难易顺序（自易而难）此下：灼烧过的菱铁矿、褐铁矿和各种矿石的烧结矿、未经灼烧的菱铁矿和褐铁矿、假象赤铁矿和赤铁矿，致密磁铁矿、钛磁铁矿。

经验证明，在高炉炉料的矿石中，铁的平均含量最低限度（当非金属加料为酸性时）如下：菱铁矿为30—35%，褐铁矿为45—50%，赤铁矿和假象赤铁矿为54—58%，磁铁矿为56—60%。至于废料限度，一般较上述数字低10—20%。对于自熔矿石来说，如有合金钢组分（Gr, Ni）或贵重组份（V）存在，则对于铁的含量的要求还可以有所降低，在个别情况下可以降低到25—30%。

矿石中锰的含量应根据锰在各种生铁中的希望含量和允许含量而定，在炉料矿石中的含量自0.2%至1.5%不等。

在天然的铬镍合金矿石中，铬和镍的最适当比例为 $\text{Cr}:\text{Ni} = 1.5:1$ 。

而下列这些杂质是有益杂质：铜、镍、钴、钼和钒，这些元素都可以完全进入生铁中，钒可以有70—85%进入生铁。但是对于特种钢来说，还应当适当的有所限制或添补。

矿石中有毒杂质含量的作用也不小；对于各种矿石和各种作用以及各种高炉燃料来说，这些杂质都各自有严格的限制。炉料中硫的含量限度为0.03至1%，磷为0.007至1.8%，砷为0.07%以下。锡为0.08%，铋为0.2%以下，铅为0.1%以下，铬为1%以下。

SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 MgO 等成炉渣的氧化物含量及其与矿石的比例来说则可不加限制。

除了物質成分外，矿石的块度（可自5至150厘米不等）、碎末所佔的百分比（10—30%）、抗压强度（ >120 公斤/厘米²）、水份（4%至33%）也都要严加限定。矿石的構造和結構（尤其在选矿时）、强度、密度、湿容量也都很重要。

鉄矿床的工业类型同鉄矿体的成因类型相当一致（見表1）^①。

鉄矿床的工业类型
（一切数字均为概略数字）

表 1

順序 編號	类 别	鉄的含量 %	世界总儲量 (亿吨)	佔世界总 开采量的 %	矿床实例
1	2	3	4	5	6
1	通常产于前寒武紀变質岩系 的含鉄石英岩內的呈状和似 层状赤鉄矿—磁鉄矿矿体	50—60	工业矿石200— 250, 加上含鉄 石英岩合計 (鉄的含量— 20—40%) — 30,000—950	30—35	克里沃罗格; 巴西, 非洲和印度 的矿床; 美国上湖区
2	产于滨海相沉积岩中的層状 赤鉄矿—菱鉄矿—錳鉄泥石 矿层	23—4, 平均工 业含量35—38	1000	45—50	列宁格勒, 烏薩夫, 馬 尔金, 米尼特洛林。
3	通常产于超基性岩岩体之上 的含金雜質的錳鉄矿錳状矿 体	23—47	200	1	叶利謝維塔, 尼科 尔斯克烏蘇里(?), 古巴和菲律賓半島
4	产于湖沼相沉积岩层中的水 針矿和菱鉄矿矿层及透鏡状 矿体	30—40	80—100	5	利彼茨克, 哈利洛 沃, 阿拉帕耶夫, 西歐的豆状矿
5	通常产于火成岩与石灰岩的 接触帶內的含砂礫岩磁鉄矿 —赤鉄矿似层状及似脫状矿 体	45—62 (在选 矿之前为30— 40%)	50—70	10	馬格尼特納雅山, 維索卡雅山, 中国 大冶, 康瓦尔, 宾 夕法尼亚 (美国), 基魯納瓦拉 (瑞典)
6	产于碳酸盐岩层內的似层状 及似脫状菱鉄矿矿床	30—40 (在灼 烧之后为50%)	20	5	巴卡尔, 阿巴依尔 (哈薩克斯坦), 阿尔及利亚, 必尔 巴 (西班牙)

①在此处以及下文中的一切地方，作者都力求能最簡單明了地說明矿床类型，竭力避免詞語繁贅。

第一类矿床：如果工业上能利用含鉄石英岩和碧玉鉄質岩，則第一类的矿床就可能有很大的价值。

第二类矿床：第二类矿床的种类甚多，所有一切陆棚、瀉湖和海洋溺谷等的含鉄沉积物都包括在內。英国、苏格蘭和亞拉帕契亞的近海鉄矿都应属第二类。这种鉄矿石同煤有十分密切的关系，或者就产生在煤层（“黑层”）中，或与煤层交互成层。

后兩类是内生矿床，它們的意义显然是次要的。它們的成分及形狀都积繁杂。第六类在表生作用帶中一般为“鉄帽”，而在深部則变为菱鉄矿。

按鉄矿石的需要規模来看，儲量为数百万吨的矿床应当認為是小型矿床，儲量达数千万吨的是中型矿床，儲量达数亿吨的是大型矿床，至于拥有数十亿吨儲量的矿床則是世界上罕有的特大型矿床。

工业鉄矿石的世界总儲量，粗略估計为 1,500 亿吨^①，如加上含鉄石英岩則为 3 万亿吨

全世界的鉄矿年采量为3亿吨，从中提煉的生鉄每年約为1亿吨。

鈦

这是用于技术上的新金属之一，对它的需求量正在不断增長着，鈦廣泛用于飞机制造业，用以制成特种合金，鍍金属，制造各种电积和烟幕等等。此外，長时期以来鈦还一直用以制取鉛华和生产列諾倫（鋪地或釘牆的漆布）、人造絲、有色玻璃釉以及用于皮革和紡織品的染色。

主要工业矿物为金紅石和鈦鉄矿，有时形成明显的单独富集体或成为矿石中的伴生矿物的有鈣鈦矿、鉍鈣鈦矿，以及其他各种二氧化鈦的矿物，如白鉄矿、銳鈦矿、板鈦矿。

鈦在許多矿床中都同赤鉄矿和磁鉄矿紧密共生，有时鈦矿物同它們很难分离开来，因此在作鈦矿石的工业評價时，重要的指标是鈦鉄矿进入精矿的实出率（与其在矿石中的总量之比）。几年来通过勘探工作发现了若干十分巨大的矿床，其金属儲量可达15,000万吨。

①应当注意，所有的儲量和开采量的数字都是經過四舍五入的，有时甚至舍掉很多。

含鈦100—1,000万吨的鈦矿床，可以認為是大型矿床，含鈦10万吨至100万吨的是中型矿床。含鈦5万至10万吨的是小型矿床。

根据鈦石的質量可以划分如下几个类别：

表 2

类 别	矿床种类	鈦 生 矿 床	金 紅 石 矿 床	鈦 生 矿 床
富	矿	40—50%	5%	50—100公斤/吨
中	矿	20—30%	3—5%	20—50 公斤/吨
貧	矿	10—20%	1.5—3%	10—20 公斤/吨

鈦矿床的主要工业类型：

1. 鈦鉄矿砂矿：在各类鈦鉄矿床中，按規模來說，佔第一位的是濱海砂矿和坡积冲积砂矿，有时是金紅石及其他有价值矿物的砂矿。这一类型矿床的金属儲量可达数千万吨。

2. 基性和超基性岩体（輝長輝綠岩、斜長岩、輝長岩）內的致密狀和浸染狀磁鉄矿矿帶及似脉狀矿体，在这一类型的矿床中，金属儲量为数千万吨。

3. 各种变質岩（角閃岩、角閃質、綠泥質等的片岩、砂岩及石英岩）內的浸染狀鈦鉄矿和金紅石的似层狀矿体及矿帶，这一类型矿床的金属儲量可达数百万吨。

4. 超基性及硷性岩內的浸染狀以鈣鈦或鈾鈣鈦磁鉄矿为主的不規則及透鏡狀矿体。

TiO_2 的世界儲量粗略估計为 1 亿吨。但是，又因为許多矿区的研究还极其不够，因此，这个数字很可能还会有所增加。

鈦鉄矿的世界开采量近百万吨精矿。此外，从金紅石精矿中每年也可开采数万吨 TiO_2 。在鈦的产量方面佔第一位的是美国。

錳

錳矿用于冶金工业和化学工业，用来制造干电池，也可以用于陶器和玻璃工业。95%的錳矿石用于冶金工业，用来生产鉄錳合金、鏡鉄和各种特种鋼。

最重要的錳礦物有：軟錳礦 MnO_2 (Mn——60—63%)、褐錳礦 Mn_2O_3 (Mn——60—63%)、黑錳礦 Mn_3O_4 (Mn——72.1%)、水錳礦 $\text{MnO} \cdot \text{OH}$ (Mn——62.4%)、硬錳礦 $\text{KMnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (Mn——45—60%)、菱錳礦 MnCO_3 (Mn——47.3%)、薔薇輝石 MnSiO_3 (Mn——41.9%)。

磷是錳礦礦石中最有害的雜質。

錳礦的工業類型實際上可以分為兩種：

1. 濱海型沉積岩中的氧化礦層及少數的碳酸鹽礦層

A. Г. 別傑赫琴認為，這類礦床之間是有一些差別的，特別是成分上的差別尤為顯著，這些差別產生的原因是各礦床的沉積條件及其後來所受變質作用的不同。

這類礦石中錳的含量為15—40%，經過粗選以後，就可以獲得含金屬錳35—55%的精礦。在這樣富集的礦石中磷的含量卻很低，這樣就決定了礦石的質量是很高的。

本類礦床中最主要的礦床都集中於蘇聯，如奇阿圖拉、尼科波利、曼格什拉克礦床及烏拉爾和哈薩克斯坦的某些礦床。

2. 前寒武紀岩層中含錳很高的似層狀氧化礦體及“錳帽”

前寒武紀岩層，由於經受了長期和劇烈的風化作用，在其表層就變成了殘積氧化錳礦的來源地，因而形成了此類錳礦床。

在此類礦床的礦石中，錳的含量變化很大。經過選礦之後，精礦中金屬錳的含量可達40—50%。本類礦床中磷的含量一般較第一類礦床為高，因而其礦石的質量亦較第一類礦床差。

這類礦床中的大礦床分佈於印度（馬德赫亞—布拉德什、奧里薩、馬德拉斯、安德赫拉）、非洲（南非聯邦、黃金海岸、加邦）、巴西、厄瓜多爾等地。

除上述兩類礦床以外，還有許多各種小型礦床，如湖沼礦床、脈狀和囊狀熱液（薔薇輝石）礦床以及與噴發岩有關的礦床。這些礦床的產量不大，並且通常是斷斷續續地被開採。在蘇聯和其他國家，各種錳礦的礦化點極多，但是其中大部分沒有工業價值。

錳的世界儲量在10億噸以上，其中大部分儲量屬於第一類礦床。世

界年产量为5—6百万吨矿石，相当于200—250万吨金属锰。苏联锰矿产量居世界第一位。

铬

铬于1820年最初发现于挪威，但是大量开采和广泛应用还是从二十世纪开始的。

铬主要应用于冶金工业和化学工业。在冶金工业中，铬用来制造各种合金，主要是铬铁合金、铬镍合金和铬钴合金。在这些合金中，铬的含量由百分之几到千分之几不等。铬能增加合金的硬度、韧性、坚固性，亦能使合金具有很高的防腐性和耐磨性。人们很早就用铬来制造耐火材料。铬的化合物可以用来鞣制皮革、漂白和洗染布疋。

铬铁矿是唯一的铬矿石，“铬铁矿”这一名词表示数种尖晶石族矿物。其中主要有：铬铁矿 FeCr_2O_4 (Cr——47—60%)、镁铬铁矿 $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$ (Cr——50—65%)、硬铬尖晶石 $(\text{Mn}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$ (Cr——35—55%)、铝铬铁矿 $\text{Fe}(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$ (Cr——35—50%)。

硫、磷和碳为有害杂质，但铬矿石中大都不含这些杂质。根据工业要求，铬矿石须要经过某些形式的选矿处理。

铬矿床的工业类型只有一个。

超基性岩中的透鏡狀及脉狀(有时为板狀)浸染矿体和致密矿体。

铬铁矿矿床主要产于橄欖岩和純橄欖岩及其变质产物——蛇紋岩和滑石碳酸鹽岩石中。

矿石中铬的含量变化很大。一般多利用 Cr_2O_3 的含量为35—55%的矿石。在苏联的烏拉尔有許多好的铬矿床，其中最著名的是頓斯科耶(透鏡狀矿体)和薩拉諾夫(脉狀)两个矿床。铬尖晶石类矿层主要产于非州(布什維里德岩系、格列依特、塔依克)、土耳其、阿尔巴尼亞等地。

在超基性岩中时常可以見到小的铬尖晶石类筒狀和囊狀矿体，但是它們的儲量都微不足道。所以將这些矿体和一些不大的偶而进行开

采的砂矿也划分成几个工业类型是没有什么根据的。

铬矿的世界储量约为1亿5千万吨。二十世纪中叶，铬的世界产量大大增加，年产量可达3—4百万吨。苏联的铬矿储量和产量居世界第一位。

镍

远在十七世纪在厄尔士就曾少量地开采过镍矿，但是镍矿工业仅仅在十九世纪末、二十世纪初才大规模地发展起来。

镍用来熔铸各种特种钢和特种生铁，同时能与铜、铬、铝、铅、钴、锰、银、金等熔铸各种合金。在各种钢、黄铜和青铜中镍的含量由0.5%到35%，而铁镍合金中，其含量则为2.5—80。镍可以使合金具有坚固性、韧性、以及防腐性、导热性和导电性，并且可以减轻合金的重量。约有85%的镍用于冶金工业。

镍的主要矿物为镍黄铁矿(Fe_3NiS (Ni—22—42%)、针硫镍矿 NiS (Ni—64.5%)、红砷镍矿 Ni_3As_2 (Ni—39—45%)、辉砷镍矿 $\text{Ni}_3\text{As}_2\text{S}$ (Ni—26—40%)、砷镁镍矿 $(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Ni—21.8—28.8%)、镍铁绿泥石(镍绿泥石) $3(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Ni—41.8—50%)。

在对镍矿进行评价时，不仅应当了解镍的含量，也应当了解矿石的一般化学成分以及伴生元素，如Cu, Co, Pt, Pd, Rh, Au, Ag, Pb, Se, As, Fe, Cr 的含量，因为它们之中一部分可能具有工业价值。了解各种氧化物对含镍砷酸盐类矿石特别重要，含镍砷酸盐类矿石中 SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , Al_2O_3 和 Cr_2O_3 的含量比例是根据矿石的不同用途(作为熔剂来熔炼镍、生铁，也可以作为矿石来熔炼等等)来确定的。镍矿石中的有害杂质为Pb, Zn, Bi, As, 这些元素能给矿石的炼制操作造成许多困难。

根据苏联的经验，在未经初步熔炼的致密状矿石中，镍的含量不得低于2.5%；在浸染状硫化物矿石中，则不得低于0.26%；在砷酸盐矿石中，如果铜的含量不高于0.005%时，镍的最低含量应为1.3%。

鎳的工业矿床按其質量可以分成硫化物矿床和矽酸鹽类矿床兩类。

金属鎳儲量在百万吨以上的矿床为大型鎳矿，在十万到百万吨之間者为中型鎳矿，而低于十万吨者則为小型鎳矿。

硫化物型矿床在鎳和鉑族金属儲量和产量方面佔第一位，在銅的产量（每年产十万到十五万吨銅）方面也起着极其重要的作用，从硫化物型矿床中，还可以采出大量的金、銀、鈷、硒、碲。这一类型中有許多大矿床：如加拿大的蕭德貝里、苏联的諾里尔斯克和科拉半島及其他各国的許多矿床。

鎳的工业矿床

表 3

順序号	类型及亚类	矿石中金属的含量	金属儲量 的比例 (%)	世界产量 的比例 (%)	矿产实例
I	产于基性、超基性岩及其接触带中的似层状和脉状鎳菱铁矿-黄銅矿-磁黄铁矿浸染矿床和致密矿床				
	I—A. 产于基性、超基性岩及其与围岩的接触带附近的致密状矿脉及透鏡状矿层	鎳:1.5—5% 平均 2% 銅 1—4% 平均: 2% 鎳0.2—0.4%	60	82	彼肝加, 蒙契苔原 (苏联), 蕭德貝里 (加拿大)
	I—B. 产于基性和超基性岩中层状的近于水平的浸染矿层。	鎳0.1—0.8%			
II	产于超基性岩及其与石灰岩的接触带中的似层状、脉状和囊状含鎳矽酸盐矿	鎳 2.3—5%	40	18	巴塔姆申, 阿克爾曼斯基矿床 (苏联), 喀利多尼亚, 古巴, 菲律宾
	II—A. 超基性岩体中的板状和脉状矿体:				
	II—B. 产于超基性岩与石灰岩接触带中的囊状矿体				

在第二类矿床中，由矽酸鹽矿石組成的风化壳(殘余)矿床起着首要作用。除新喀利多尼亞島以外，这类矿床还分布于巴西、印度尼西亚(苏拉威西島)和古巴島、苏联的烏拉尔、哈薩克斯坦西部和烏克

蘭等地。

近几年来，探明了許多矽酸鹽矿石的儲量，但其中大部分都低于現代标准，例如，在古巴島探明了1,800万吨金屬鎳，其中1,300万吨是产于含Ni約0.8%的矿石內；在菲律賓探明了約1,000万吨金屬鎳，它們都产于含鎳0.78%的矿石中。

按合乎标准的矿石計算的世界儲量約为1,000万吨金屬鎳。鎳的世界年产量为20—25万吨。加拿大鎳的产量佔世界第一位。

鈷

鈷用来熔鑄特种合金：如硬質合金、耐热合金和磁鉄合金；用来制造高級顏料和瓷釉，同时也可作为化学工业和食品工业中的催化剂。

鈷的工业矿物为硫鈷矿($\text{Co, Fe, Ni}_3\text{S}_4$ (Co——25—28%)、輝砷鈷矿 CoAsS (Co——35.4%)、砷鈷矿 CoAs_2 (Co——28.1%)和某些氧化帶中的矿物。

矿石中鈷的工业品位为千分之几，而綜合利用硫化矿石时，其品位可以降低到0.06—0.08%。

鈷广泛地分布于鎳—鈷—銀矿、銅—鎳矿和黃鉄型銅矿等各种各样的矿床中。鈷主要采自比属剛果(氧化帶中的“黑色氧化物”)及罗德吉亞(硫鈷矿)銅矿床中。在加拿大，鈷是从銀砷矿石(安大略鈷矿床)中提煉出来的，而在緬甸和澳大利亞，則提煉于鉛鋅矿石中，在法屬摩洛哥，鈷又是从塔汝旦特的金矿中提煉的。

因此，鈷矿床沒有單独的工业类型。有时可以說鈷矿床只有一个工业类型：即产于各种岩石內的含有Co, Ni, Bi, Ag, U的矿脉建造中，但在这里鈷仍然是次要产物，主要的是銀或鈾。

鈷的世界儲量約为40万吨，其中24万吨产于含鈷很貧(0.03—0.04%)的蕭德貝里矿床中。

到二十世紀中叶，鈷的世界年产量达到14,000—15,000吨，其中非洲(比属剛果及洛德吉亞)佔80%左右。

鎢

鎢主要用来制造特种鋼、硬質合金，并应用于电气工业、紡織工业、仪器制造业和軍事技术中。

鎢的工业矿物为黑鎢矿 ($\text{Fe, Mn} \text{WO}_4$ (W—60%)、鎢鉄矿 FeWO_4 (W—60.5%)、鎢錳矿 MnWO_4 (W—60.7%)、白鎢矿 CaWO_4 (W—63.9%)。

鎢矿石的主要工业类型可分为黑鎢矿、白鎢矿、輝鉬矿-黑鎢矿、輝鉬矿-白鎢矿、錫石-黑鎢矿和鉬鎢鉄铁矿等矿石。此外，矿石中多少含有一些銅、金、銀、鉛、鋅、砷等杂质。由于加工技术不同，对上述各类矿石中的每一类矿石都有不同的要求。

用鎢来制造鋼和硬質合金的重要制品时，对有害杂质含量的限制极其严格。根据鎢的精选技术条件，精矿中 WO_3 的含量为 40—65%；磷的允許含量为 0.03—0.2%，硫——0.3—3%，砷——0.04—0.02%，錫——0.08—1.5%，銅——0.1—0.22%。

鎢矿的工业类型划分得十分清楚（見表 4）。

鎢 矿 的 工 业 类 型

表 4

类 型	WO_3 的含量	儲量比例 (%)	世界产 量比例 (%)	矿 床 实 例
1 各种岩石（通常为花崗岩类岩石）中的石英-黑鎢矿或石英-鎢鉬矿矿脉	0.6—4% 平均 1.0%	50	40—45	苏联的吉达和布庫卡；緬甸的蒙烏旗；中国江西的廬美山、大吉山和西华山。
2 碳酸盐类岩石与花崗岩类岩石接触带中的层状和脉状含白鎢矿砂型岩矿体	0.3—6% 平均 1.0% 最低 0.3—0.4%	30	25	苏联的考依塔什和良加爾；緬甸的克拉馬托-普拉依；中国湖南的略崗仙。
3 黑鎢矿和鎢錳矿残的堆积砂矿及冲积砂矿	0.1—0.2%，薄矿层中的最低含量为 0.03%，在較厚矿层中为 0.015%	20	30—35	吉达（苏联）；江西（中国）。