

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. 放射性金属……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)
22. 稀土及分散金属……………(司幼东稿, 馮景蘭校补)

第六章 鎳

(祁思敬、趙鳳池、馬新興集稿，馮景蘭校編)

I. 概 論

1. 鎳的地球化学：在地壳中鎳的平均含量約为 0.02%，在有工业价值的矿床中，可富集到千分之几至百分之几。在內条件下經常与鈷共生，在岩漿硫化物矿床中鈷鎳比例为：1:15 到 1:25，在酸性岩中鎳鈷比为 2:1，在超基性岩中鎳鈷比为 20:1 所以世界著名鎳矿都与基性、超基性岩体有关。

在基性——超基性岩漿固結的早期，如果硫量不足，鎳成类質同象的方式替换鉄，加入矽酸鹽中；在硫量滿足的情況下，鎳成鎳黃鉄矿与磁黄鉄矿，黄鉄矿，黃銅矿等共生。

在热液时期，鎳主要成中温和低温热液矿物的硫化物、硫砷化物、和鎳化物与鉄、鈷、鉛、鋁、鉍、銅等元素共生。

在风化的情況下，鎳常聚集在风化壳中。

2. 鎳的主要矿物：有下列六种：

(1) 鎳黄鉄矿 $(\text{Fe}, \text{Ni})_7\text{S}_8$ ，含鎳 22—42%，往往有鈷 (1—3%) 和鉍的杂质，是硫化物銅鎳矿石的典型矿物。

(2) 針鎳矿 NiS ，含鎳 64.7% 常在脉狀銅鎳硫化物矿石中，和鎳、鈷、銀綜合矿石的热液矿床中。

(3) 紅鎳矿 NiS ，含鎳在 44% 以下，往往含鉍及鈷，見于热液鎳鈷銀矿床中。

(4) 暗鎳蛇紋石 $\text{Ni}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{Ni}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 为淺綠色含水矽酸鹽，蛇紋岩风化壳的典型矿物，含 NiO ，可达 46%。

(5) 鎳綠泥石和其非晶質变种鎳鎂綠泥石 $(\text{NiMg})_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_4$ 或 $3(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为淺綠褐色的鎳矽酸鹽，与暗鎳蛇紋石共生，含 NiO 在 51% 以下。

(6) 鎳华， $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ，为翠綠色氧化帶矿物，很好的找矿标志含 Ni 37%。

3. 鎳矿石 可分兩类：硫化物矿石一般含鎳約 1—2%，最低含鎳 0.3%；矽酸鹽矿石一般含鎳 1—1.5%，最低限度是 0.6%。

4. 煉鎳技术：从硫化物銅鎳矿石煉鎳可分三个工序：(i) 首先將矿石送入鼓风爐或电爐中熔煉，得出銅鎳冰銅含銅約 5%，鎳 10%；(ii) 在回轉爐中吹煉冰銅提煉到含鎳 48—56%，含銅 27—36% 的二次冰銅；(iii) 用阿尔福德法，使銅鎳硫化物熔汁冷却取出含鎳 70% 以上的下层焙燒及还原熔煉鑄成鎳阳极，电解鎳阳极，取得精鎳。

从矽酸鹽鎳矿石煉鎳的方法前后与冶煉硫化物矿相似，在获得硫化物后先焙燒及氧化物，然后送入弧形电爐中进行还原熔煉，以取得金屬鎳。

5. 鎳的用途：鎳在空气中不氧化，易磨光，常鍍在其他金屬制品之上；加在鋼中，可增加鋼的韌性和彈性；不銹的鎳鉄合金，以及鎳和銅、鋅、鉻的合金，在各种工业中，有广泛的应用；純鎳在制造通訊和無線电探測仪器方面，使用亦广。

6. 世界鎳产量：据 1950 年估計，全世界已知儲鎳約 800 万吨，其中約 60% 在加拿大的薩德貝里，約 10% 在新喀利当尼亞，1953 年全世界产鎳量突破 16 万吨，其中只薩德

貝里一處即煉出了 14.4 万吨，約为世界总产量的 90%；其次新喀利当尼亞約产 7%；其余古巴、緬甸、挪威、希臘、巴西、南路尔亞等国，約共产 3%。

7. 成矿时代和成矿区域：最大鎳矿床，分佈于地台区，生成时代为寒武紀前到下古生代；如加拿大地盾的蕭德貝里，斯堪的納維亞地盾的挪威、芬蘭和苏联，及阿非利亞地盾的布什維尔德等矿区的硫化物銅鎳矿石，西伯利亞和非洲一小部分硫化物矿石矿床，属于下中生成代。

矽酸鹽鎳矿的生成与超基岩的风化破坏有关。属于下古生代的有巴西，中，上古生代的有苏联；中，新生代的有希臘，新喀利当尼亞，古巴，印度尼西亞等处統位于褶皺構造中。

II. 鎳矿床工业类型

鎳矿床的工业类型，基本上与成因类型相符合，可分为 (i) 岩漿期形成的在基性和超基性岩中的銅鎳硫化物矿床型，(ii) 热液脉狀鎳銅多金屬矿床型，(iii) 超基性岩石风化壳中的矽酸鹽鎳矿床，分述于下：

1. 岩漿銅鎳硫化物矿床型：是鎳的最主要来源，佔世界总产量 85—90%，同时还产相当量的銅和鉻族金屬；主要由熔离作用形成，与基性岩漿有关，在紫苏輝長岩（蕭德貝里，布什維尔德，挪威）輝石岩（不列颠哥倫比亞），橄欖岩（苏联），輝長岩（挪威及加拿大的一部分矿床），輝長輝綠岩（苏联）等侵入体中形成銅鎳硫化物（磁黃铁矿，鎳黃铁矿，黃銅矿）的富集层。

这种类型的矿床，按矿化特点，可分兩类：(i) 整体矿化的矿层和矿脉，矿体大，矿石富，（含鎳 2—1%，銅 1—2.5%，以上）；(ii) 浸染矿化的矿层，面积虽广（几平方公里），厚度虽大（5—10 公尺或更多），但矿石較貧，需要选矿。

这种矿床的矿石，含鈷約在 0.1% 上下，可綜合利用。

属于这种类型的矿床有加拿大的蕭德貝里，南非洲的布什維尔德，挪威的果贊格尔及苏联的科拉半岛等处，茲举最重要的加拿大的肖德貝里銅鎳矿床为例。

加拿大肖德貝里矿床：是世界上最大的銅鎳矿床，已知該处有 50 多个矿床，自 1885 年开始开采，矿区为肖德貝里复杂岩盆，生于中休倫系岩层中（砂岩，石英岩，角閃岩等）其上复盖有上休倫系安奈密克系，（角礫岩，凝灰岩，頁岩，砂岩）。所有这些岩石組成北东方向的向斜，面积约 1500 方公里，岩盆厚达 3 公里，岩体从下向上为紫苏輝長岩，偉晶岩苏長岩和細粒偉晶岩，呈层狀产出系由一个侵入体本身分異而成，更晚些有花崗岩及石英閃長岩侵入体。

矿床可分为两种类型：底部或边缘矿体和分枝矿体，边缘矿体主要为同时併入在岩盆南面接触帶，具有板狀及凸鏡狀矿体，长达 1 公里厚 50—60 公尺，深达 500—700 到 900 公尺，最大的矿床（克萊頓、加尔遜、連瓦克等）产生于扭碎帶及破碎帶中，矿石主要是块狀，常常伴随着有角礫狀和硫化物浸染狀矿石，分枝矿体是离开紫苏輝長岩侵入体的具有硫化物浸染体的石英閃長岩或苏長岩岩牆狀岩体，这些岩牆离开岩体有 3 公里，但在深处仍然相連，按矿体形狀可分为筒狀矿体（維克多利亞）及帶狀矿体（弗魯德）它們的長度可达 2 公里厚达 100 公尺，深达 1000 公尺。

全部矿床矿石矿物成分都是一样的，主要矿石矿物是磁黃铁矿，鎳黃铁矿和黃銅矿，有时有磁铁矿，針硫鎳矿，鎳鈷砷化物，鉑和鈾矿物（砷鉑矿 $PtAs_2$ ， Pl_3Sb 等），很少見到閃鋅矿，輝鉬矿，矿石中金屬含量：Ni 2—4%；Cu 1—2.5%，Co 0.08%，Pt 和 Pl 常常

几十克/吨，及一些 Au 和 Ag。

肖得貝里矿供給世界鎳产量 80% 以上，和相当多的 Cu, Pt 和 Pl 例如 1940 年开采出 12.5 万吨 Ni, 15 万吨 Cu, 7.5 吨 Pt+Pl, 2.5 吨 Au, 75 吨 Ag, 40 吨 Se, 20 吨 Te, 矿石儲量为二百万吨，約相当金屬鎳儲量 5 百万吨，巨大的弗魯特矿床約佔有儲量三分之二。弗魯特，矿体平行于侵入体的边缘而延伸，且产于石英閃長岩岩牆中硫化物充填角礫帶及在圍岩中的裂隙矿体向着侵入体方向傾斜、傾角 60° 約深处伸展且和侵入体相連結，矿体长度为 2000 公尺，厚度为 100 公尺矿石中鎳的含量 2.65%，銅的含量 1.39%，在 800 公尺深处鎳的含量为 1.7%，而貴金屬为 50 克/吨。

肖得貝里矿床成因还没有完全明白，一些研究者認為是熔离作用生成的，另一些研究者趋向于認為矿床中一些边缘矿体是热液成因的。

2. 热液鎳銅多金屬矿床：此种矿床产于噴出岩系或碳酸岩层中，矿体呈脉狀，透鏡狀有的与岩层平行呈层狀矿体。矿物成分主要是 Cu, Pb, Zn, 而 Ni, Co 是次要的，它們主要分佈于緬甸的博烏德文，美国密苏里州，比屬剛果和北罗德西亞。茲以緬甸博烏德文为例：

緬甸博烏德文矿床的矿体成凸鏡狀，管狀，部分呈脉狀产于博烏德文大断层附近的变質流紋凝灰岩及石灰岩中。这里主要的矿石类型是含有丰富的鉛，（到 23.3%）及鋅（14.6%）的鉛鋅矿石，此外，矿石中还有銅鎳砷鉛及分散的稀有元素。

鎳与鈷大量含于某一矿体的底部，該处銅鉛鋅佔显著优势，并且鎳（到 2—3%）及鈷（到 1%）的含量也增高。鎳在矿石中主要以輝砷鎳矿的形式出現。

含鎳較高的矿石和煉銅后的含鎳多的矿物熔煉成鎳的砷冰銅，含鎳約 30%，鈷 7%，和銅 10%。由博烏德文矿床中开采的鎳达 1,233 吨（1937 年）。

3. 与超基性风化壳有关的矽酸鹽鎳矿床：矿床产于超基性岩上部或石灰岩接触地带，形状常不規則，大小不等，長自数十公尺到数百公尺，厚 10—20 公尺，常成群生在一起。矿石由受分解的超基岩及超基性岩变蝕产物組成。鎳的含量一般是中等到低等。

按照矿体形状可分为：面型矿床，裂隙線型矿床，及接触喀斯特型矿床，三类。

(1) 面型矿床，多分佈在超基性岩上部或边部通常分佈面积很广。这类矿床具有十分明显的垂直分带现象。上层带平均厚約 4—5 公尺，多系铁的養化产物含鎳很少；中层带或綠高嶺石化蛇紋岩带系主要含矿带、厚 2—3 至 10—15 公尺、最長可达 30 公尺，矿物主要为綠高嶺石；下层带是褪色的即所謂「淋失」的蛇紋岩带，厚度不定，鎳含量很少，常成單矿物（矽鎳鎳矿等）。淋失蛇紋岩带以下有时借上层鎳沉淀而形成菱鎳矿带，再向下为完全不变的蛇紋岩。

除风化綠高嶺石剖面外在一些矿床中矽化剖面非常发育，其中有重大意义的是矽化蛇紋岩及蛇紋岩蝕变后的赭色矽質产物。

矿体成层狀或凸鏡狀，頂盤和底盤均为不規則的波浪狀表面，因此矿体的厚度变化很大（2—30 公尺）。

面型矿床一般具有大量的矿石儲量，但矿石品位較低，除产鎳外在矿石中还有一些鈷，它主要是鈷土及含鈷的硬錳矿—錳土。此类矿床分佈在古巴巴西苏联等地。

南烏拉尔哈里洛夫区和阿克丘宾区矿床：本区鎳矿及一些鈷矿床广泛分佈在超基性岩体的厚层古老的风化壳中，它們产在原超基性岩石风化地方，代表标准的殘余矿床。风化壳上有現代土壤层及中生代浅水泥沙沉积复盖，故生成的时代認為是前侏罗紀。这种古期平坦分水嶺高原上风化殘余堆积物，因中生代地层复盖其上得以保存未被侵蝕。蛇紋岩分解和风化作用的下达能到很深的地方。含矿区内风化壳剖面大致为：(i) 紅色鉄質赭石 1—2 米

厚，(ii) 綠色或淺黃綠色粉末狀綠高嶺石的蛇紋岩風化產物帶 (1—8m)；(iii) 淋失和矽化蛇紋岩帶富含鎳化合物；(iv) 蛇紋岩中外生菱鐵礦結核和細脈發育帶；(v) 緻密的輕微蝕變的蛇紋岩。鎳的含量各帶中不同，含鎳最多的在淋濾帶和矽化帶中。礦石常為土狀，粉末狀或松軟塊狀由於淋濾作用產生很多空洞，暗鎳蛇紋石、綠高嶺石、鎳綠泥石、蛇紋石、多水高嶺石、等皆為含鎳礦物。錳的氫氧化物（土狀鈷礦）中富含鈷和部分鎳。在這個礦區內的某些粉末鎳矽酸鹽礦石儲量很大。

(2) 裂隙線型礦床：系發在蛇紋岩體構造遭到破壞的地段風化壳。因為裂隙關係風化作用在這裡沿構造裂隙擴展甚深（到 150 公尺），使礦體具有線狀延長的形式，充填于很少變化的蛇紋岩中，厚度隨深度而減小。

這類礦床的主要含鎳礦物是鎳的矽酸鹽（矽鎳鎳礦）、和鎳的含水矽酸鹽〔含鎳膠蛇紋石（Никелевые серпофиты）、蠟蛇紋石等〕，纖維蛇紋石和綠玉髓。

裂隙型礦床分佈在蘇聯阿克爾曼諾夫和新加里東尼亞等地。鎳的含量較面型礦床為高，但儲量有限。

阿克爾曼諾夫礦床 礦床生在蛇紋岩邊部并局限在沿着南北走向的大構造變動地帶。可能向北延展更遠，潛伏於中生代沉積之下。構造變動由斷距不大的逆掩斷層所引起，主要斷裂面向東傾斜、傾角 80° 。除了主要斷裂面之外，尚有一系列的平行裂隙分佈在斷層上下盤，特別是在上盤。在這些斷裂縫中可見到壓得很碎的和改變了的疏松塊狀和粘土質含鎳岩石，它們沿着裂縫貫入深處充填在向下變狹的洞穴中，礦化帶在地表表現為特殊的矽化蛇紋岩塊，造成不高的丘陵。

礦石為含鎳矽酸鹽（主要是暗鎳蛇紋石）細脈和包裹體，赭色泥質岩和分解的蛇紋岩，不含有綠高嶺石。

該礦床儲量很高（大部分已采空），鎳的含量超過標準含量。

(3) 接觸喀斯特型礦床：這種類型礦床產于蛇紋岩與沉積變質圍岩，主要是石灰岩的接觸帶中，礦體形狀依大理岩的地下起伏為轉移，有時簡單，有時複雜。在喀斯特圍岩的表面比較平穩的地方，礦體處近于層狀；在喀斯特構造成因的接觸帶附近的窪地，礦體為不規則的層狀，并且常常過渡成沿喀斯特產地邊緣傾斜的陡傾斜礦體。礦體厚度變化很大，有時達 25 公尺以上。

這類鎳礦床的主要含鎳礦物是矽鎳鎳礦和其他鎳的矽酸鹽，及多水高嶺土。有的礦床為有含鎳的次生硫化物。礦石含量尚富。

蘇聯中烏拉爾上烏發列區鎳礦床 該地有三個非常大的鎳矽酸鹽礦床，即新切列姆山，丘列涅夫和克利斯托夫。這些礦床都與蛇紋石化橄欖岩體有緊密的空間關係，是由岩石風化而形成。

新切列姆山礦床分佈在主要蛇紋岩體與泥盆紀的大理岩化石灰岩的接觸地帶，在接觸帶的喀斯特洞穴里礦體位於地下 3—50 米深處。根據化學分析圈定出的礦體大致為不規則的層狀，位於不平坦的喀斯特石灰岩表面。礦石的礦物成分是蛇紋岩的風化殘余礦物如蛇紋石，滑石，綠泥石，鉻尖晶石等。分佈較廣的風化壳礦物有多水高嶺石和含鐵多水高嶺石蠟蛇紋石，針鐵礦水針鐵礦，石英和石髓，硬錳礦和錳土等。在粘土中有大量淺綠色到深褐色的鎳的膠狀含水矽酸鹽即暗鎳蛇紋石和鎳綠泥石，在礦石中鎳的含量很不均勻，變化範圍很大，從千分之几到百分之几，富鎳礦石產于石灰岩喀斯特洞穴裂隙中。除鎳以外，礦石中有與錳的氫氧化物有關的鈷礦。

丘列涅夫和克利斯托夫礦床大致有同樣的情況，由於礦區岩層破碎，在石灰岩和頁岩的

地帶形成喀斯特复杂地形，在喀斯特洞穴里有大量的蛇紋岩，頁岩和其他岩石的碎屑堆积。

III. 中国鎳矿床实例

解放以前，对我国鎳矿床了解很少，現在我們积极进行着鎳矿的找矿和对已知矿床的研究，岩漿銅鎳硫化物类型矿床，已知有下列产地，有辽宁清源，甘肃小松山，山东历城桃科，四川会理力馬河及天全县等处，

擇要簡述前三区如下：

1. 辽宁清源銅鎳矿床 矿区附近岩石为前震旦紀片麻岩，紅色花崗岩，及輝長閃長岩，(时代未确定)輝長閃長岩成零星小侵入体，向东北西南延長，与区内断层帶延長方向一致，并大致沿花崗岩与片麻岩之接触帶分佈，主要的岩体長几百公尺，寬几十公尺，为長板狀，基性岩体内岩性变化显著，粗粒黑色岩石中含矿較多，銅鎳硫化物一般在基性岩内成浸染体間有小囊狀，未见有大的致密矿脉圍岩有綠泥石化，蛇紋石化，碳酸鹽化。現象，矿物成分有典型的矿物組合，磁黃鉄矿，鎳黃鉄矿，黃銅矿，还有黃鉄矿，磁鉄矿，据分析含 V Ti Pt 痕跡。金屬含量較低，只露头附近及个别地段較富集。

2. 甘肃小松山銅鎳矿床 产于本区輝長——苏長岩質底部之富輝石輝長岩中，含銅鎳硫化物的輝長岩分佈稳定，南北延長四公里間，厚数公尺，这一帶中硫化物分佈不均匀，呈浸染或块狀，含硫化物岩石一般受綠泥石化及蛇紋石化，主要矿物为黃銅矿，磁黃鉄矿，鎳黃鉄矿，硫化物一般在岩石中佔 10—15%，含矿岩石氧化帶部分普遍褐鉄矿化，形成明显的一帶。

3. 山东桃科銅矿床：桃科位于济南东南 50 公里，魯西地块的西北部，矿区地层包括太古界閃石岩类及斜長石片麻岩类，輝長苏長侵入岩，花崗岩及酸性和基岩的脉岩，主要構造为一走向北北西的構造脆弱帶，沿此脆弱帶有各种火成岩侵入体，銅鎳矿床位于桃科庄南一公里，約当脆弱帶的东端輝長苏長岩和片麻岩的接触帶上，矿体为一直立狹長的凸鏡体，長 40 高 50 公尺，傾角很陡，主要由，黃鉄矿，黃銅矿，磁黃鉄矿，鎳黃鉄矿等構成，呈細脉浸染狀或块狀，生于圍岩片理或节理中，金屬硫化物与阳起石接触，使之褪色，并圍繞石英，綠簾石，角閃石等矿物顆粒而生長，圍岩在受热液的影响下，变为阳起石綠泥石片岩，矿石含鎳約 1%，向下有遞減趋势，矿床成因一般認為岩漿硫化物矿床，硫化物的侵入，是在結晶的最晚期，也有人認為硫化物的形成与热流交代作用有关。

1. 四川力馬河銅鎳矿床：位于会理县城南 45 公尺，康滇地軸中部，拔海約 1700 公尺，区域地层包括太古界花崗片麻岩，震旦紀前石英岩千枚岩灰岩，中生代砂岩頁岩系及第四紀冲积层等，侵入的超基性岩以橄欖輝石岩及輝石岩为主自东而西出露于木落寨，力馬河等地，銅鎳矿体生于这些岩石中成凸鏡狀或岩盆狀，長約 1,000 公尺，寬 20—50 公尺，延深达 200 公尺，有向下变厚的趋势，金屬硫化物，鎳黃鉄矿，磁鉄矿，黃銅矿等，成微的浸染狀，含鎳成分不高，圍岩蝕变以矽化，綠泥石化，碳酸鹽化及蛇紋石化为主；已发見的矿体已有四处，尚在繼續勘探中。

参 考 文 献

1. 馮景蘭等，金屬矿床工业类型講义，北京地質勘探学院 1956
2. 麥加克揚：金屬矿床，119—135頁 中文譯本 1957
3. 格拉洛科夫 鎳

4. 博里謝維奇: 鎳
5. 拉尔欽科: 矿床工业类型講稿, 1955
6. 矿产儲量分类规范: 第五輯 鎳、鎳。
7. 別傑赫琴 塔塔林諾夫 矿床学 第二篇 中譯本 1953
8. Гинзбург И.И. Геохимия коры выветривания на серпентинитах южного урала. изв. АН СССР №1, 1938.
9. Burrows A.G. and Rickaby, H.S., Sudbury Nickel Field restudied, Ontario Dept Mines, 63, Pt. 2, 1934.
10. Chetelat, E. La genese et Levolution des gisement de nickel de la Nouvelle-Caledonie, Bull. S. O. Fr. 5 ser, t. XVII, 1947.