

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)

第十四章 鉬

(蔣明霞稿、馮景蘭校補)

I、概 論

(1) 鉬的地球化学：鉬在地壳中的平均含量为 0.001%，比鉛小 1.5 倍，主要成四价的硫化物 MoS_2 ，出現于自然界。由分析隕石証明鉬存在于地球核心中。(根据戈尔德斯密特对三种主要隕石的分析材料：Fe Ni 隕石含 Mo 16.6 克/吨，硫化物隕石含 Mo 11 克/吨，矽酸盐隕石含 Mo_2S_5 克/吨)。按其亲硫性推測在氧化物硫化物帶中，亦含有鉬。

鉬为亲鉬元素易与硫化合，99% Mo 呈硫化物出現形成輝鉬矿 (MoS_2)，常与 W、Sn、Bi、As、Cu 等在气化及热液期自岩漿源分出。由于錒 (Re) 的离子半徑 (0.56Å) 与鉬的离子半徑 (0.63Å) 相近，故輝鉬矿中常有錒的存在，此外鉬酸盐的 $(\text{MoO}_4)^{-2}$ 根也可能被少許 $(\text{ReO}_4)^{-2}$ 根所交換。在輝鉬矿內借 $\text{MoS}_2 \rightleftharpoons \text{ReS}_2$ 的交換有时会使 Re 的含量达到 0.2%。

鉬的富集仅限于內力造矿作用，并与酸性及中酸性岩漿岩 (花崗岩，花崗閃長岩，石英二長岩等) 密切相关。

在岩漿作用期內鉬很少参与結晶作用，在鉄鎳矿床中以及超基性岩內，含有微量鉬。(如在岩漿鎳鉄硫化物矿石中鉬的平均含量为 20 克/吨。)。在岩漿的最主要凝固阶段鉬一般极少或竟不出現，但在酸性火成岩內 (花崗岩) 偶而具有工业意义的鉬矿，因此鉬几乎全在岩漿期后富集，主要为高中温热液活动的产物 (矽酸盐型，高温热液及中温热液矿床)。

(2) 鉬的主要矿物和矿石：含鉬矿物約二十种，其中具有工业意义的最主要鉬矿物是輝鉬矿，較常見的有鉬华、彩鉬鉛矿、鉬鎢鈣矿等，其余都屬很稀少的化合物。这些矿物的化学分子式及含鉬量如下：

順 序	矿 物 名 称	化学分子式	含鉬量 %
1	輝鉬矿	MoS_2	60
2	鉬华	MoO_3	60
3	彩鉬鉛矿	PbMoO_4	25
4	鉬鎢鈣矿	CaMoO_4	39—45

在不同类型的矿石中，Mo 含量变化范围很大：

石英脉型矿石含鉬 0.5—3 %

細脉浸染型矿石含鉬 0.4—0.5 %

矽酸盐型矿石含鉬 0.1—0.3 %

(3) 对于鉬矿石的要求：对于單金属鉬矿石最低含量要求是 0.1—0.3%，含 Mo 在

1% 以上的矿床可称为富矿；对于综合矿石，钼的最低含量一般要求在 0.001% 以上，低级矿石，经过浮选，可获得含辉钼矿 95% 的精砂。

(4) 钼的使用历史及用途：用钼历史很短，十八世纪以前，人们曾把辉钼矿和石墨混淆起来，用制铅笔；十八世纪末才弄清了辉钼矿的化学成分，并第一次炼出金属钼；其后虽进行开采，但产量很低；到 1900 年共只产钼十吨；直至二十世纪，采钼工业开始发达，对钼需要，日益增涨，成为工业中不可缺少的金属之一。

我国开采钼矿，始于 20 世纪的 10—20 年代，主要在闽浙赣粤等地。解放后大规模生产集中东北。根据最近资料，钼在解放后发现量已超过我国第一个五年计划所需要的五倍以上。

由于钼具有提高产品机械性质的特性，故在工业的各部门应用极广。钼钢广泛采用于军事、航空、汽车、机械、电工、化学等部门；在军事工业上，用钼钢制造炮身、炮架以及兵舰的铁板；在汽车和航空工业上，用钼钢制造最重要机件；在发动机制造业中常用钼 (Mo)、钨 (W)、镍 (Ni)、钴 (Co)、钒 (V) 等作成可以发火的 (司太立合金) 特殊合金；含钼的工具钢具有很大的韧性和自身硬化的特性，故钼也是制造优质钢和硬化合金的重要元素之一；在电器工业上钼是电炉线圈中钨的代替物，在炽热灯丝中也常利用一定数量的钼；化学工业用钼制造颜料，玻璃业和陶瓷业，把钼作为色素和接触剂。

(5) 钼的储量及产量：最大钼矿产地，集中在美国和中国，此外在苏联、墨西哥、智利、秘鲁、挪威、摩洛哥、澳大利亚等国家中均有钼矿分佈，英、法、意、日等国亦有少量，但意义不大。根据资本主义国家矿物原料资源的统计材料，各资本主义国家的钼储量为：美国——一百二十万吨 (其中克萊馬克斯钼矿床的储量就佔了一百万吨)，澳大利亚——五千吨，摩洛哥——四千万吨，墨西哥和挪威各三千万吨，加拿大——两千万吨。

根据初步估计，全世界已知钼的储量约 150—200 万吨，其中美国约佔 60%，中国也出自美佔较大的百分比。全世界产量每年约 3—4 万吨。在资本主义世界中，钼的产量 85—90% 国 (Climax, 及 Bingham)，其余少量出自智利、墨西哥、挪威、加拿大等国，近年来中国已成为重要的世界著名的产钼国家之一。

II. 钼矿床工业类型

结合工业要求及世界实例，钼矿床可分为下列六种工业类型，依其重要次第分述如下：

1. 热液细脉浸染型：此型钼矿常与铜矿共生，有的以钼为主，有的以铜为主，但因一般含铜较多，含钼较少，故又称为含钼斑岩铜矿型。钼矿常为铜矿的综合开采对象，比较單純的以钼矿为主的热液细脉浸染型钼矿，有美国克萊馬克斯钼矿和我国大黑山钼矿。

此类矿床多与酸性及中酸性的浅成侵入岩有关，围岩常受强烈的次生石英岩化，絹云母化及黄铁矿化。

辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿等硫化物常成细小的脉状体或浸染体分佈在矽化和絹云母化的酸性侵入岩体内以及石英细脉中，脉石矿物除主要为石英絹云母外，尚有少量的白云母、氟石、绿泥石、明礬石等。

此型矿床，分佈很广，品位虽低，储量巨大，为钼的主要来源，其中尤以美国克萊馬克斯钼矿床最为著名，其他如苏联科恩拉德 (Коунрад) 的铜钼矿床，智利、墨西哥的铜钼矿床，以及我国大黑山、繁峙、临江、中条山等钼矿床或铜钼矿床亦都属此种类型。

钼的含量，在铜钼矿床中为 0.01—0.001%，而單純钼矿或以钼为主的矿床，则须达较

高品位，如克萊馬克斯矿床鋇的平均含量达 0.4—0.5%。

2. **矽噁岩型**：此类矿床常发育在酸性及中酸性侵入岩与碳酸鹽岩石接触处或其附近的矽噁岩中，輝鋇矿常成小的浸染顆粒，散佈在矽噁岩內，或沿裂隙造成細脉貫穿在矽噁岩內，或与黃鉄矿，黃銅矿等硫化物一起，分佈在石英細脉中。有的在矽噁岩中与分散浸染狀的白鎢矿共生，組成鋇鎢矽噁岩綜合矿床。

矿石中早期的矽噁岩矿物柘榴子石、輝石等，常被較晚的石英、方解石、綠泥石等所代替；輝鋇矿的沉淀显然較早期阶段的矽噁岩为晚，而与較晚的石英、方解石等具有紧密联系，并交替某些早期矽噁岩矿物而形成。

苏联北高加索的狄尔內阿烏茲 (Тырныаузский) 矿床，摩洛哥的阿捷古尔 (Азегур) 矿床，以及我国的楊家杖子鋇矿床 (大部分)，湖南瑤崗仙和贛南的某些鎢鋇矿床均屬此种类型。

此类矿床規模一般不大，就世界范围言，工业意义稍次，但中国楊家杖子鋇矿是一例外。此矿品位虽低，矿化范围巨大，儲量甚富，为世界著名鋇矿床之一。

在此类型矿石中，鋇含量常为 0.2—0.3%；Mo—W 綜合矿石的品位为：WO₃ 0.3—0.5%，Mo 0.1—0.3%。

3. **石英脉型**：此型矿床与酸性花崗岩类有密切关系，常发育在石英——錫石或石英——黑鎢矿床的地区。矿体主要成脉狀或透鏡狀，矿物成分簡單，輝鋇矿常分佈在石英脉的兩壁附近，有的成巨大鱗片，有的成細微顆粒分散在石英脉中，使石英染灰色。石英脉中除輝鋇矿外常伴生有黑鎢矿，輝鋇矿，錫石等，圍岩多呈云英岩化或絹云母化。

此型分佈极广，数量很多，鋇含量較高，一般在 1% 以上，但規模較小，工业意义不大，过去曾为主要的开采对象，現在已不佔重要地位。

苏联中亞細亞、加拿大、挪威、美国以及中国各地都有此种类型，在中国此型主要分佈在南嶺鎢錫矿区。此外东北一部分鋇矿床以及新疆精河鋇矿床也屬此型。

4. **偉晶岩型**：輝鋇矿成巨大鱗片产在花崗偉晶岩脉中，与少量黑鎢矿，錫石和輝鋇矿伴生，并常与石英脉型的輝鋇矿在同一地区出現，其附近的花崗岩有时可含有少量的輝鋇矿浸染体。

此型矿床在加拿大、挪威、澳大利亞很多，我国东南閩浙一帶及东北岫巖，大房身也有。目前在进行开采的有加拿大的茂斯 Moss 矿床，此外在南非的德蘭士瓦亦发现有含錫石和輝鋇矿的偉晶岩。

以上四类型中以前两种較为重要，为目前主要开采对象，后两种类型在鋇工业发展的早期，曾为鋇的主要来源，但因規模小，儲量不大，現已退居次要地位。

除上面四种主要类型外，在多金屬矿床中，往往含少量鋇；在鉛矿床的氧化帶中，鋇常富集，成彩鋇鉛矿，鋇鎢鈣矿和鋇华等，可同原生矿石一起开采。此外在某些沉积岩层中，也偶見鋇的富集，如德国曼斯斐尔德沉积銅矿床中鋇的含量达 0.014—0.018%，有些地区的含鈳頁岩中含鋇达 0.02%。这种风化殘积型，或层狀沉积型，虽然在某些地方鋇可能有少量富集，但成为獨立大矿床的。尚无实例。

III、鋇的主要成矿时代及其在世界上的分佈概况

根据麥加克楊的总结，世界鋇矿可分为下列五个主要成矿时期：

1. **寒武紀以前**：属于此期的有加拿大、挪威、芬蘭、苏联某些矿床以及我国东北岫巖

大房身等鉬矿床，主要属偉晶岩型，和石英脉型，价值一般不大。

2. 加里东期：澳大利亚和苏联的某些鉬矿床属之。

3. 华力西期：苏联许多地区的細脉浸染型銅鉬矿床和石英脉型矿床，摩洛哥砂嘎岩型鉬矿床、以及我国新疆精河的石英脉型輝鉬矿床均在此期形成。

4. 燕山期：苏联和地中海部分矿床，以及我国南部和东北大部鉬矿床均属之。对我国言、此期最重要。

5. 阿尔卑斯期：此期对国外来说，最为重要，苏联、美国（克萊馬克斯矿床），墨西哥、智利的鉬或銅鉬矿床以及土耳其和巴尔干等地的小型鉬矿床多属之。

关于鉬矿的世界分佈情况，归納起来可分为下列四个主要地区：

1. 太平洋（中生代及新生代）地区：其中包括苏联、美国西部各洲、墨西哥、智利以及我国南部和东北地区。

2. 地中海（中生代新生代）地区：包括巴尔干、土耳其及苏联。

3. 中亞（华力西）地区：苏联以及我国西北新疆。

4. 北半球寒武紀前地区：加拿大——斯塔的那維亞。

其中以前两个（中生代新生代）地区含鉬最富。

我国解放以来随着找矿勘探事业的发展，新鉬矿床不断发现，如大黑山、繁峙、秦嶺等均极有希望，鉬矿遍佈全国，尤以东北最为重要，已知鉬的儲量，已超过我国五年计划数字的五倍。茲將各区情况简介如下：

1. 东北区：1930年初，东北已知鉬矿产地，不过兩三处。至1945年增到30处，解放后更发现了大黑山，临江等重要鉬矿产地。此外，几乎东北所有銅鉛鋅等有色金属矿床，都或多或少地有鉬矿伴生，砂嘎岩型，細脉浸染型，及石英脉型等应有尽有，其中尤以楊家杖子和大黑山兩地最为重要。前者为目前我国鉬矿主要产地，后者已进行勘探。

2. 华北区：輝鉬矿床主要分佈在山西、陝西、河北等省，多产于古老的花崗岩，片麻岩或其他变質岩系中，多为細脉浸染型或石英脉型，如山西的繁峙、垣曲、靜乐，河北的邢台、涞源等地，均有发现，其中除繁峙已肯定为重要鉬矿床外，其余正在勘探中。

3. 东南区：輝鉬矿床分佈在福建、浙江等省，为我国早期鉬矿产地，如福建永泰，上杭、浙江青田等县，輝鉬矿常浸染于片麻岩及花崗岩中，或分佈在石英脉及偉晶岩脉内。

4. 中南区：根据1956年鉬矿产地資料，計有产地十余处，情报地点百余处，分佈在湖北、湖南、广东、江西等省，其中广东最多，江西次之。多与鎢矿共生，如广东的惠阳、中山、江西大庾蔭平、生龙口、清水塘、罗坑等，主要与鎢、鉍共生在石英脉中；而湖南瑤崗仙白鎢矿中的鉬矿亦甚有远景；在湖北大冶龙角山的砂嘎岩銅矿中鉬被作为付产品而开采。

5. 西北区：主要分佈在新疆天山一带海西褶皱区内，著名的精河鉬矿，輝鉬矿主要产在石英脉中。

IV. 鉬矿床实例

1. 克萊馬克斯細脉浸染鉬矿床：是世界最大鉬矿床之一，位于美国柯罗拉多州落基山脉分水嶺附近，海拔3700公尺，自1917开采以来，产量約为世界总产量的 $\frac{2}{3}$ 。据統計1953年輝鉬矿石的日产量曾达25,000吨，矿石总儲量不下数億吨。儲鉬总量約在50万吨以上。

矿区大部由寒武紀前的片岩、片麻岩以及含少量偉晶岩的花崗岩構成，仅在矿区西部有不多的古生代沉积岩系出露（主要为頁岩、砂岩及少量薄层灰岩）与寒武紀前的結晶質岩系

成構造接觸（圖），較新的火成岩有早第三紀的岩牆、岩床和岩株等穿插在上述各岩系中，岩石種類自石英二長岩到閃長岩，以前者為主。一般較基性岩石較老，而石英二長岩則較新。

礦區地質構造較複雜，近于南北向的大斷層延長達几十公里，此外還有很多第三紀放射狀裂隙。

輝鉍礦礦體帶呈管狀，位於克萊馬克斯斑岩周圍的蝕變帶中，礦化與次生石英岩化有關。次生石英岩化自礦石帶外部向內逐漸加強。克萊馬克斯斑岩侵入在花崗岩與片麻岩中，按其平均成分為石英二長岩與花崗閃長岩的中間型，其形狀為頂部呈穹窿狀的斑岩岩株，橫剖面略呈圓形（圖 ）。

在礦石帶外部是蝕變了的花崗岩，其中長石絹雲母化，黑雲母變為白雲母並分出磁鐵礦，向內漸近礦石帶則矽化加深，其中廣泛的散漫着浸染的輝鉍礦以及輝鉍礦石英細脈。在礦石帶向內的中心部分則幾乎全部由致密石英構成的次生石英岩帶，輝鉍礦逐漸減少到 0.2% 以下。

礦石帶寬 100—150 尺，含輝鉍礦在 0.4% 以上，大多數輝鉍礦石英細脈寬自數公厘至 5 公分，輝鉍礦常成小而良好晶体沿脈壁富集，每公尺平均有 30—40 條輝鉍礦—石英細脈。（圖 ）。

除輝鉍礦—石英脈外，尚有較少的黃鐵礦—石英—黃玉細脈，切斷輝鉍礦—石英脈，生成較晚。（圖 ）。其中含有鎢鈳礦、錫石、黃銅礦、方鉛礦、閃鋅礦、獨居石、絹雲母、螢石等，並有極少量的黑釷鈾礦及磷鈾礦與鎢鈳礦共生。

圍岩蝕變強烈，除與輝鉍礦化密切有關的次生石英岩化外常伴隨着絹雲母化、黃鐵礦化，及較晚的粘土礦物化。

按照礦物形成的順序，J.W. 萬德維特等認為最早的礦化產物是伴隨着高度矽化作用的輝鉍礦—石英脈，其次為石英—黃鐵礦—黃玉細脈，而粘土礦物等則代表着礦化的結束相。

輝鉍礦一般是斑岩銅礦床的特有的附屬礦物；但在克萊馬克斯礦床中，銅礦物極少，是具有特別意義的。

2. 蘇聯狄爾內阿烏斯克（Тырныаузский）砂礫岩型鉍鈾礦床：位於北高加索，巴克桑（Баксан）河左側的山地中，拔海 3600 公尺，高出巴克桑河面約 2300 公尺。

礦區發育有古生代上泥盆紀以至二疊紀的岩層，其中包括頁岩、砂岩、礫岩、凝灰岩和大理岩等。這些岩層分佈在礦區中部，以兩個巨大斷層和北部及南部的寒武紀前結晶片岩和片麻狀花崗岩相接觸，並均為下侏羅紀的砂頁岩所復蓋。所有以上的岩層都被導源于花崗岩岩漿的複雜岩體所侵入，其中包括花崗岩、花崗斑岩、流紋岩等。這些岩體根據大多數研究者公認為是第三紀阿爾卑斯造山運動時期所侵入的。礦化地點分佈在該區走向北西，寬達 5 公里的破碎帶內。

砂礫岩的形狀和分佈受灰岩和角岩構造接觸帶的控制，同時也受花崗岩侵入射氣作用的影響。

礦化形成的先後可分為四階段：

第一階段：生成紅褐色鎂鐵輝石，淺棕色柘榴子石以及符山石和矽灰石等砂礫岩礦物。

第二階段：是第一階段礦物破碎後發生的，主要是生成含白鎢礦的粗粒輝石細脈，而白鎢礦又往往被細小鱗片狀輝鉍礦所穿切。

第三階段：產生新的活動和破碎，以磚紅色柘榴子石、石英和輝鉍礦的形成為此階段的代表。

第四阶段：复受强烈的活动和破碎，并产生泥黄色和深褐色 柘榴子石、螢石以及黄鉄矿、毒砂、磁黄鉄矿、黄銅矿等硫化物。

圍岩受劇烈變質，除矽噁岩化和大理岩化外，頁岩和凝灰岩多变为角岩。

輝鉬矿与磚紅色柘榴子石和石英紧密联系，并重叠在白鎢矿上。

矽噁岩体形狀不規則，上部和中部膨大，在平面上呈蹄鉄狀，剖面上則呈背斜狀，延長達一千公尺。厚 2—100 公尺。

矿石，W 和 Mo 品位均不高，但具工业价值，矿化作用，下延甚深。

3. 辽寧錦西楊家杖子矽噁岩型鉬矿：楊家杖子矿区位于辽寧省錦西县西北部，在中朝陆台中燕山准地槽的东北部边缘。

矿区地层，以寒武系及奥陶系分佈最广，无志留系及泥盆系。震旦系环绕矿区南部及北部的花崗岩体，分佈在向斜兩翼的边部，走向主要为东北—西南，傾角在 50° — 65° 間，由矽質灰岩，白云質灰岩和石英岩等組成，厚約 400 公尺。寒武系整合于震旦系之上，其下部为紫色頁岩，中部为鲕狀灰岩，上部为帶狀灰岩，总厚达 450 公尺。奥陶系以厚层块狀灰岩为主，中部及上部有条帶狀灰岩及含燧石結核灰岩，厚約 250—300 公尺。石炭系及二叠三叠系均为陆相砂頁岩互层，分佈在向斜的軸部，傾角常在 25° — 40° 間。

岩漿岩在区域内分佈很广，有侵入岩、噴出岩和各种貫入脉岩。侵入岩以花崗岩为主，分佈在矿区北部及南部，此外并有一些較小的花崗岩和閃長岩岩株。噴出岩分佈不广，以安山岩为主，出露在区域西北部。脉岩在区内分佈亦頗广，有花崗斑岩、玢岩及煌斑岩等。关于这些岩漿岩的时代尚有爭論，其中一些小的侵入体和脉岩、大部均穿过三叠紀岩层，故一般認為系燕山期产物。

構造方向，大致为东北西南，褶曲幅度不大，主要由笔架山向斜和松树卵向斜所構成。断裂多在向斜翼部，因之矿床亦多分佈在向斜的翼部。

矿化集中在寺前，大北嶺，和北松树卵三区。其中寺前区和大北嶺区相距約一公里，是同一矿帶的延長，統位于笔架山向斜的北翼，在距花崗岩体約 300—500 公尺的接触帶内寒武奥陶紀灰岩中。矽噁岩化沿层理选择进行，形成条帶狀構造，其成分主要为柘榴子石，其次为透輝石。輝鉬矿即生在这些矽噁岩中，并在局部破碎較烈的灰岩中。矿层九条，沿层理平行排列，長自数十公尺至千余公尺，寬自数公尺至二十余公尺。除輝鉬矿外在离花崗岩接触帶較近的透輝石矽噁岩帶中見有不小的磁鉄矿体。并在局部矽噁岩及其頂盤内，有鉛鋅矿脉。

北松树卵矿区位于松树卵向斜的东北翼，矿床賦存在寒武奥陶紀灰岩与三叠紀砂岩間因構造接触的南北大断裂帶内，矽噁岩产在断层上盤寒武奥陶紀灰岩中，沿层理选择交代，与层理一致。此种含鉬矽噁岩矿帶南北延展达兩公里，平均厚 10—15 公尺，最寬处达 35—40 公尺。此外輝鉬矿也常分佈在矽噁岩矿帶底盤以及穿插在其中的花崗斑岩脉中，也成开采对象。

各矿区矿体的物質成分，差別不大，其中非金屬矿物主要有柘榴子石、透輝石、阳起石、符山石、石英、方解石、綠泥石、透閃石以及少量的長石、綠簾石、黝簾石、螢石、榍石、磷灰石等；金屬矿物主要为輝鉬矿和黄鉄矿，此外有极少量的黄銅矿、磁黄鉄矿、毒砂、方鉛矿、閃鋅矿等。

圍岩蝕變分佈最广的有：綠泥石化、黄鉄矿化、碳酸鹽化和矽化，比較次要的有絹云母化、黄鉄長英岩化等。因受侵入接触帶圈内热變質影响而发生的，有大理岩化及角岩化。

輝鉬矿在矽噁岩内主要呈浸染狀，交代早期矽噁岩矿物柘榴子石、透輝石等，并常与黄

鉄矿、方解石、石英等共生。有些輝鋁矿呈膜狀，或細脉狀，充填在砂礫岩或灰岩的破碎面上。富集在花崗斑岩脉中的輝鋁矿主要成輝鋁矿石英細脉或輝鋁矿薄膜充填在脉岩的节理裂隙中，局部在細脉兩旁也有少量浸染的輝鋁矿。在砂礫岩中的輝鋁矿多成小的（0.1—0.3公分）的他形晶，而在裂隙面中以及石英脉中的輝鋁矿，則多成微粒散点。

矿物的发生順序可分兩期：第一期以砂礫岩矿物及輝鋁矿为主；第二期以鉛鋅矿物为主。其中第一期又可分为三个阶段：第一阶段形成柘榴子石、透輝石、符山石等砂礫岩矿物，第二阶段产生少量的磁鉄矿及含水砂礫岩矿物，第三阶段則产生輝鋁矿、黄鉄矿、石英、方解石等。第二期主要产生中温的硫化物（方鉛矿閃鋅矿等）及石英、方解石的共生組合。

除以上叙述的三个主要矿区外，在楊家杖子南方，笔架山向斜南翼的唐張趙区，亦有含鋁砂礫岩体，但含 Mo 量很貧，不夠工业品位。

4. 吉林永吉大黑山細脉浸染型鋁矿床：矿区位于吉林省永吉县六区前撮落村，距瀋吉铁路大黑山車站 6 公里，在中朝陆台与長白褶皱之間的过渡帶，即中朝陆台之北緣。

該矿床 1952 年发现，1954 年以来进行了矿区普查和初步勘探工作。

構成矿区的岩层有震旦紀前的石英長石粒岩，和斜長石角閃岩，石英二疊紀的灰黑色板岩和灰白色砂化灰岩。岩漿岩有海西期吉林花崗岩，和燕山期超基性岩，斜長花崗斑岩，石英安山斑岩等。

斜長斑岩为本矿区的含矿岩石，分佈在以前撮落村为中心約 7 平方公里的範圍內，与前述各岩石成侵入接触。岩石呈白色及灰白色，具斑狀結構，或中粒等粒結構，斑晶为斜長石及椭圆形石英，主要成分为斜長石、石英及黑云母，正長石少或没有。岩体遭受了强烈蚀变，其中除主要与矿化有关的次生石英岩化、絹云母化外，尚有部分云英岩化、綠泥石化、高嶺土化、沸石化等。

輝鋁矿生在上述斜長斑岩次生石英岩化的範圍內，石英成網狀細脉，寬在 5 厘米以內，少数达半公尺，其中以 10 公分左右者最多。輝鋁矿成浸染狀及細脉狀。前者在圍岩中成浸染体，后者分佈在石英脉兩側和充填在圍岩节理內成为細脉。含鋁石英脉互相穿插，形成当不止一次。有用矿物除輝鋁矿外，尚有少量的黄銅矿、輝銅矿、黝銅矿、方鉛矿、閃鋅矿等。黄鉄矿分佈最广，經常与輝鋁矿伴生。

根据初步勘探結果，矿化範圍分佈很广，东西長千余公尺，寬深各达数百公尺，品位較低，但儲量很大，可作露天开采。

5. 山西繁峙細脉浸染型鋁矿床：位于山西省东北部繁峙县沙河鎮附近。

矿区主要由震旦紀前变質岩系（片麻岩、云母石英片岩及角閃云母片岩等）及震旦系砂質灰岩構成，走向北北东，傾向西北，傾角約 20° 。被晚期淺成的黑云母花崗岩，斜長花崗斑岩及部分長英岩脉，偉晶岩脉等所貫穿。輝鋁矿石英網狀細脉分佈在片麻岩中，脉寬約一公分，也有些輝鋁矿浸染在片麻岩及黑云母花崗岩中。圍岩蚀变对鋁矿最有关者为砂化、黄鉄矿化、絹云母化三种。矿化地点計有后峪溝、大阳溝、楊树溝等三区。矿化範圍長兩千余公尺，寬千公尺，平面呈橢圓形，与鋁矿成因关系最密者为黑云母花崗岩。

6. 福建永泰鋁矿床：位于福建永泰县东北三十里之蒲边村附近，計有犁壁坑、焦坑、四規坑及鼓嶺坑四处，发现于光緒季年，为中国最早发现的鋁矿床。

矿区附近大部为花崗岩及片麻岩，并有种类繁多的火山岩，如凝灰岩、块集岩、流紋岩等。花崗岩成灰紅色，以石英及肉紅色正長石为主要成分，云母极少，穿插于花崗岩中者有偉晶花崗岩脉及石英脉。輝鋁矿即产生在这些岩脉中，多团聚成菊花狀的圓簇，或呈鱗片狀及散点狀。也有部分輝鋁矿直接浸染于花崗岩中。偉晶岩脉及石英脉露头不多，散佈零星，厚

薄不一，脉向不定，附近岩石往往云英岩化。

参 考 文 献

1. 别傑赫琴，塔塔林諾夫：矿床学第二編 55—63 頁，中譯版，1953。
2. 馬加克揚：金屬矿床，142—155 頁 中譯版 1957。
3. 笹倉正夫：矿床学 272—281 頁 1950。
4. 拉尔欽科：鉬矿的工业类型 1955
5. 林適信：东北輝鉬矿矿业型式，地質論評 14 卷 1—3 期 23—29 頁 1949
6. 东北矿产誌第七篇鉬矿，东北科学研究所 1950
7. 中南鉬矿概述，中南地質局 1956
8. 华北鉬矿产地資料，地質部华北地質局資料处 1956
9. 中国矿产誌略，地質專报乙种第一号。209—213 頁 1919
10. 宋叔和：新疆精河鉬矿之成因，地質論評 11 卷第 3,4 合期 271—278 頁 1946
11. 吉林永吉县第六区前撮落村鉬矿床 1955 年地質报告，东北地質局。
12. 邵克忠：鎢鉬的地球化学，地質知識第八期 11—14 頁 1956
13. J.W. 万德維特及 R.U. 奇英：美国克萊麥克斯鉬矿床的热液蚀变
地質譯叢第二期 27—38 頁 1957
14. Bateman: Economic Mineral deposits. 595—597. 1950.
15. Butler and Vanderwilt, Climax Molybdenum Property of Colorado, U. S.
Geol. Surv. Bull. 846, 191—237, 1933.
16. Vanderwilt, J. W. The Occurrence and Production of Molybdenum Colorado-
school of Mines Quaterly vol. 37, 1942.
17. Vanderwilt, J. w. d King R. U. Geology of the Climax ore body. Min.
and Met, vol. 27. No. 474. 1946.
18. Варданянц, Л.А.К. Вопросы о генезисе молибденита в вольфрамово—мо-
либденовых месторождениях “скарнового” типа. Зап ВМО, Изв 1946
19. Мкртчян, С.С. Каджаранское медно—молибденовое месторождение, изв.
АН Арм. ССР, 1943.
20. Пэк, А.В. Основные особенности структуры и процесса минерализации
месторождения Тырны-ауз. Природные Ресурсы Кабард АССР АН ССР.
1946.