

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. 銻……………(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)

第十九章

金

(馮景蘭編)

黄金在很早时期，即用作裝飾品，其后用作最主要的貨幣金屬，数百年来为資本主义、帝国主义国家追求和爭夺的目标，新大陆的发现，墨西哥、秘魯、波里維亞和智利的开发，澳洲、南非洲的移民，直接間接都与开发金矿有密切的关系。在社会主义国家里，黄金退居次要的地位，但因与資本主义国家通商的关系，黄金仍具相当的重要性。

一、概 論

(1) 金的地球化学：根据克拉克的分析，地壳中金的平均含量以重量計，不超过 $1 \times 10^{-6}\%$ ；金的痕跡，出现在海水中，每立方米，含金 0.001—0.04 克，在地壳中，金主要以游离状态存在着，他不易和其他元素，構成化合物，不氧化，也不受大气外营力的作用。

(2) 金矿物和与金共生的矿物：含金矿物主要可分三类：(i) 以金屬状态产出的金，及与其他金屬的合金；所謂自然金，一般都非十分純淨，往往含有少量的銀、鉄、銅、鉍、鈮、銻 (Rh) 等雜質；如含銀高达 50% 的，可称为銀金矿；而含銅較多的，則称为銅金矿等。(ii) 金的化合物，金、銀、銅、都系亲硫元素；銀銅在自然界中、常成为硫化物，而金常成碲化物产出，可能是因为金的离子半徑比銀、銅大，而在硫族元素中、碲的离子半徑，也大于硫和硒；所以金碲結合比較自然，主要金碲化合物有下列四种：

碲金矿， $(Au, Ag) Te_2$ ，含金 39%，銀 3%。

針碲金矿， $(Au, Ag) Te_4$ ，含金 24%，銀 13%。

碲銀金矿， $Au Ag_2 Te$ ，含金 25%，銀 41%。

叶狀碲金矿， $Pb_m Au_n (Te, Sb, S) P$ ，含金 6—13%。

(iii) 含金的其他金屬矿物、黄鉄矿、毒砂、黝銅矿、黄銅矿、及輝鎳矿、方鉛矿等，有时往往含金、其中尤以前三种为常含金的矿物。

金矿中非金屬矿物、常是致密狀的石英（含金石英脉），有时有方解石、重晶石、以及偶然共生的矽酸盐类矿物。

自然金經常以不規則片狀、鱗片狀、或顆粒狀产生，有时以纖維狀浸染在石英方解石脉中。金矿顆粒、大小变化很大，小的在高倍显微鏡下，才可察見，而大的金块（中国采矿人称为狗头金）如 1858 年在澳洲西部所发现的，重达 83.95 公斤；1957 在西伯利亞勒拿河下游阿尔杰木夫斯克金矿采出一块自然金重 12.4 公斤。

(3) 金矿石的价值：决定于金的含量，單獨开采与作为付产品而开采的含金量，大有区别。金在大石英脉中，最低含量为 1—5 克/吨；而在小石英脉中为 5—7 克/吨；在硫化物中作为付产品开采之金，因比較难选，要求稍高；砂金是已經天然的磨碎作用，洗选較易，要求甚低，1—1.5 克/吨，就有开采价值；当然在小砂金矿中，金的含量，应比大砂金矿要高些。

(4) 金矿的加工技术：从砂矿采金，手續簡單，即用水閘門淘洗，使金及重矿物和不含金的岩屑分开。自然金，磁铁矿，錫石，黑鈦矿、白鈦矿、石榴石、螢石、磷鈾礦、殘留在洗矿的裝置內、叫做重砂；大的金粒，特別聚集在水閘門的上部；为了取得重砂中細粒的黄金，先用汞膏法將黄金溶为的汞膏然后把所得汞膏放在坩堝中，輕微加热蒸餾，使汞和金分开。从脉金矿石中取金比較复杂。首先須將矿石，在碎矿机中或輾子上，打碎压碎，使自冲洗，并用汞膏法、氯化法和氰化法，將絕大部分的黄金取出来。一般用冲洗及汞膏的方然金与杂质分离，然后法，可以取出含金量的 60—75%，而由氯化法所取得的 AuCl_3 溶液和氰化法的氰化鈣，或氰鈉的含金溶液，可加以沉淀剂使金沉，淀以取得更高的收利率。

(5) 金的用途：作为坚固的，不氧化的貴金屬，金的用途是：(i) 金和銅、銀的合金，可鑄造錢币及精巧裝飾品；(ii) 以电镀方法、电解复鹽类 $\text{KAu}(\text{CN})_2$ ；鍍金在金屬物質上面；(iii) 在照象技术上，金的氯化物，可作調色用；(iv) 在玻璃和瓷器上染成紅色；(v) 在牙医业务上，作人造齿及鑲齿的充填物料。

(6) 世界儲产量：全世界黄金总儲量，迄无詳細数字，显見南非联邦，苏联、加拿大，都是蘊藏量很多的国家。在人类存在的时期里，采金总量約达 50,000 吨；其中約 60% (30,000 吨) 鑄成貨币或金条保存在銀行中；其余部分，主要用作飾品，現在每年产額約在 1,000 吨以上。多少年来，南非产量，常佔第一；但据 1950 的統計，苏联佔世界总产量 34%，南非联邦 33%，美国和加拿大約各佔 12%，澳洲和南美，約各佔 3—4%，其余国家都少。

(7) 金的成矿时代和产矿区域：根据馬嘉克揚、伊孟恩、和其他矿床学者的总结，寒武紀前为最重要的成矿时代，和最富饒的产金区域，包括高、中温熱液矿床和含金礫岩，他們分佈在最古的地质或陆台內。

寒武紀前金矿区的分佈几乎遍及所有寒武紀前岩层发育的地区：非洲、加拿大、巴西、印度、中国东北以及朝鮮，西伯利亞等地盾，約共佔世界黄金总产量的 $\frac{3}{4}$ 。

加里东期的金矿，以苏联哈薩克斯坦（斯帖普尼亞克）和庫茲涅茨阿拉套的大矿床为代表，华力西期，在苏联烏拉尔，阿尔太和澳洲的本地溝（Bendigo），巴拉拉特，显得突出，但古生代金矿的重要性，不能与寒武紀前的相提并論。

中生代（燕山期）金矿，对于苏联（科雷馬、阿尔丹、外貝加尔）和美国（加利福尼亞，阿拉斯加）來說，意义很大；其次在加拿大的布列顛哥倫比亞（British Columbia），也頗重要。

第三紀（阿尔卑斯期）金矿，分佈于美国西部、墨西哥、秘魯、智利、新西蘭、印度尼西亞、菲律賓、日本、羅馬尼亞、外貝加尔、和鄂霍次克海沿岸，現佔世界黄金总产量 15% 以上。仅次于寒武紀前期。

II 金矿床的主要工业类型

(一) 熱液含金石英脉型：这是最普遍的原生金矿床。石英脉，有时是單獨的，有时是成羣的；矿体形状，有的簡單，有的复杂、有的与圍岩平行，有的与圍岩交叉；又有的在岩牆中，成梯形脉（苏联卑西明斯克梯狀金矿）或鞍狀矿体（澳洲、本地溝金矿）等；長自数公尺至数公里或更多；寬自数公分至数公尺；分佈在各种不同圍岩中；脉石矿物主要为石英，有时有碳酸鹽类矿物或电气石；因此可分为含金石英碳酸鹽脉，含金石英重晶石脉，和含金石英电气石脉等；其中有用矿物，主要是自然金，分佈在这些石英脉中，成細小之浸染体，与金屬硫化物共生，茲举数例：

(1) 加里福尼亞母脈：(Mother lode) 位于美国西部，西拉內華達山脉西麓，曾产黄金价值三亿美元。矿区，宽約 1.5 公里，斷續延長約 180 公里；开采迄今約百余年；开采深度，达地面下 2,000 公尺；开采出来大量的含金石英矿石，平均品位为美元 7.00/吨。

含金石英脈矿化帶，穿插在走向西北，傾斜陡峻，自石炭紀至侏羅紀之板岩、片岩、及綠岩內；其中以含有綠泥石和角閃石由溶岩和凝灰岩变来的綠色片岩为金脈之适宜圍岩；一系列的侵入岩，从橄欖岩开始（現变为蛇紋石），至花崗內長岩結尾，都穿插在上述沉积岩內；而金矿床的生成，可能与最末期的火成活动有关。

矿床包括：(i) 石英脈，長达数千公尺，大致平行，或分歧，或分开呈雁行狀；(ii) 矿化的圍岩体；所有矿脈，主要沿逆断层裂隙充填而成，脉寬，各处大，小不一，但主要富矿体，多直上直下，延長很深，不但石英較多，含金亦較富，或者出露地表，或者，深埋在地面下 1000 余公尺处；矿化圍岩，称为『灰矿』，是在石英脈附近或在寬广的裂隙帶，由片岩矿化而成。

圍石蝕变甚烈，板岩、片岩、及蛇紋岩等已蚀变为鉄方解石 (ankerite)、絹云母、鈉長石、黄鉄矿、毒砂等；大量 CO_2 的加入，和大量 SiO_2 的移出，足以形成所有的石英脈。

矿石成分以石英为主，帶有 1—2% 的銅、鉄、鉛、鋅、硫化物，少量毒砂，及碲金銀矿。所謂『灰矿』矿石含有鉄方解石、絹云母、鈉長石、石英，黄鉄矿，及少量毒砂。

矿床成因，显見是热液裂隙充填。由于断层裂隙的数度开张，发生层层沉积。矿液的来源，与侏罗——白堊紀花崗岩类岩漿有密切的关系。

(2) 別列卓夫矿山：位于苏联的烏拉尔区，在斯維尔德洛夫斯克城以东 14 公里处，面积約 64 平方公里。区内地层，主要是酸性及基性的深成岩漿岩，其次是泥盆紀，千枚岩，云母片岩及石英絹云母片岩，还有由基性噴出岩，所变成的綠簾角閃片岩、及綠簾綠泥片岩。从矿区西南方面来的花崗岩侵入体中的岩枝，在本区形成了花崗斑岩及石英斑岩等許多岩牆，穿切了各种岩层。金矿矿化作用，与华力西时期的花崗岩有关。岩牆走向，大半是南北的，但也有东北西南和西北东南的，更有时也出現了东西走向；厚 2—4 公尺，被数目多至几万条，东西方向的石英脈所切开。石英脈，主要是与岩牆垂直层层排列，組成梯狀矿脈系統。每个石英脈的厚度、从几毫米至一米，平均 5—10 厘米。

矿脈傾斜甚陡 (60° — 75°)，傾向北或南；在圍岩中，有傾斜較緩 (25° — 38°) 厚度不大的矿脈，含金最富。

按矿物成分，可分为三种可采的类型：即 (i) 純石英矿脈（无硫化物），(ii) 石英硫化物矿脈，及 (iii) 碳酸鹽石英硫化物矿脈。金屬矿物中最普遍的是黄鉄矿，黝銅矿，方鉛矿，鏡鉄矿，其中黄鉄矿和黝銅矿都是含金矿物。非金屬矿物有石英，白云石，鉄鎂白云石，鉄菱鎂矿，較少的有叶臘石，綠泥石、滑石、綠簾石，并偶有电气石。

金与硫化物有共生关系，而在矿脈中不均匀地分佈着，特別在第一种类型的矿脈中更明显。富集部分常呈柱狀和巢狀。汞膏法，約可提取金含量的 50%，其余与硫化物結合的金，汞膏法提不出来。

圍岩变化特征是：花崗斑岩及石英斑岩（岩牆）均变为黄鉄長英岩，其中長石轉变为絹云母和石英的集合体，并伴有黄鉄矿化，而黄鉄矿是含金矿物。又在輝長岩及蛇紋岩等基性岩石中，这种变化表现为褶叶構造，即鉄鎂矽酸鹽为鉄菱鎂矿碳酸鹽所交代，而將石英游离出来。

(二) 热液含金硫化物（黄鉄矿）型：这种类型的金矿床形狀大小不一，分佈在各种圍

岩中，是銅、鉛、鋅、砷、硫鋇等綜合性矿床，金可以当付产物开采。此种硫化物金矿床的特点是在氧化帶內，常成鉄帽，黄金集中在較深地带；所以凡遇到有鉄帽的矿床，要检查一下其下部是否含有工业意义的黄金。现举苏联的一个著名实例斯傑普尼亞克矿床。

斯傑普尼亞克金矿，位于东北哈薩克斯坦的北部，哈薩克共和国的尤拉甘达省，恩別克什尔傑尔区内，在鄂姆斯克铁路馬肯克（Макинк）車站以东。

矿区由志留紀沉积岩和噴出岩所構成，包括玢岩，片狀細粒結晶凝灰岩，凝灰質砂岩，角岩及少量砂質、泥質頁岩。志留紀岩层，經强烈錯动，褶皺走向东北，軸向南傾很陡。

地表見有石英閃長岩，花崗岩及輝長岩的零星露头。这些岩体穿插于沉积的噴出岩层中，形狀尚未完全明了。露在「国际」矿山的石英閃長岩略呈圓形，其直徑約1公里；伊尔莫夫五一花崗岩体南北延長，其南部，埋藏在庫尔土庫尔（куртукуль）湖沉积的下面；又在南南东方面，岩体为第三紀紅色頁岩所复盖。各种岩脉，以各种不同的方向，穿切了噴出岩和火成岩。

含金石英脉，分五組排列着。矿脉走向，經常呈东北西南，或接近南北，傾向西，傾角 30° — 50° ，較小者，有各种不同的走向和傾斜，大都系复式矿脉系統，平行或几乎平行破碎帶；沿傾斜延深达500公尺以上。所有矿脉，被縱橫許多断层所切断；断錯距，可达25公尺；东西向断层最著。

原生矿物有毒砂，黄鉄矿，黄銅矿，閃鋅矿，方鉛矿，黝銅矿及自然金。金矿显然是几个时期生成的。在膠結帶中还集聚了次生的鋇的硫化物，斑銅矿，銅藍等。大量毒砂，仅产于个别組矿脉中。自然銀，成小浸染体产于方鉛矿中。

金的分佈不勻，常成不規則叢狀，有时成为矿柱、延伸在原生矿石中。又在金矿富集地区，有大量后生矿物、方鉛矿、黄銅矿、及黝銅矿。

在氧化帶中，所有矿脉的矿石都相似。由石英、褐鉄矿、黄鉄矿假象，硫酸鉛矿，孔雀石，藍銅矿及金等組成；个别矿脉，另含有白鎢矿。

圍岩蚀变，表現在矽化，黄鉄矿化及絹云母化等；氧化帶中有高嶺土化；蚀变范围、在原生帶中，不过一公尺左右。

本矿床儲量很大，經濟条件优良，含金品位高，具有很大工业价值。

（三）火成岩中热液蚀变交代帶型：这种类型的金矿，分佈面积很广，圍岩蚀变常为矽化和絹云母化，含有少量含金硫化物。它們的圍岩、原为酸性侵入岩或噴出岩，由于热液上升，发生次生变化而孕育有金、銅、鋇、等，在一定的裂隙或一定的层位內集中；含金很低，但儲量大，有时有工业价值，茲举世界聞名的九諾矿山为范例：

九諾（Juneau）矿区位于北美西北角，阿拉斯加地方，在第二世界大战以前，每年产金价值800万金元，以品位最低，开采量大，成本最低聞名于全世界；在过去开采約七千万吨矿砂中，共提出了价值約七千余万美元的黄金，亦即每吨只含价值約1.15美元的黄金（約1.25克/吨），而每吨所用的采选总成本，不过美金七角二分。

本矿床生于片岩，蚀变的三疊紀火成岩及輝長岩岩床和他形侵入体中，先后受沿海山脉花崗閃長岩及白堊紀鈉長石閃長岩所穿插，使圍岩发生剧烈的蚀变，而金矿热液即侵入所謂綠岩中，或板岩中，形成 $4,500 \times 600$ 公尺的矿化区；其中有无数的石英細脉，及无数的小矿团（直徑只数公分至十数公分），聚成一大可采的貧金矿，在有些地方延長达700公尺，可以大規模地用陷落法开采；矿石除金和石英外，尚有少量的銀及銅、鉛、鋅、等金屬的硫化物及鉄白云石。

温乃克（Wernecke）認為矿液是从深处花崗閃長岩岩基沿微細的不規則的裂隙上升、

一部分充填裂隙，一部分交代先成岩石；以后又在石英中侵入自然金，形成这种类型的金矿。

中国台湾金瓜石銅金矿，可能有一部分，与九諾相似，詳中国金矿实例中。

(四) 热液碲银金矿型：以金、银、碲化物为主，有时略含硒化物；主要与第三紀强烈火成活动时所形成的矿脉羣有关，生于安山岩、石英安山岩和粗面岩內；脉石为石英、玉髓、方解石、重晶石、冰長石等；金屬矿物，主要有輝銀矿、毒砂、黄鉄矿、黄銅矿、閃鋅矿、方鉛矿等；金为自然金或碲化金，含大量银，有时含硒；金在矿体中分佈均匀，但有时也成富矿体；变安山岩化明矾石化、和沸石化、的蚀变现象显著；分佈地区，主要在太平洋沿岸，新的火山活动地区，如日本、美国、墨西哥、苏門答拉，及欧洲等地，其中以美国的克里普克里克矿山为典型范例：

克里普克里克矿山，位于美国西部，柯洛拉多州中部落机山中，自开发以来已产黄金总值四亿美元。矿区海拔約 3,400 公尺，六十余家金屬公司，圍繞在直徑約 4 公里的第三紀克里普克里克火山的火成碎岩进行探矿。在火山穿过寒武紀前的花崗岩、片麻岩、片岩等，形成上大下小之火山孔道，从此先后噴出二長安山响岩，正長岩，响岩，硷性玄武岩等岩流。最后的剧烈噴发，造成了著名的克来遜角礫岩管狀岩体 (Cresson breccia pipe)。

矿体成脉狀，层帶狀，不規則狀，角礫充填狀等。有些矿脉充填在火山四周的似放射狀分佈的裂隙中，以在花崗岩中者較为稳定，以充填为主，以交代圍岩为付。矿脉从最小而窄的微隙，到寬达 13 公尺的片狀矿化帶。富矿体，往往生在矿脉与矿脉（裂隙和裂隙）的交插处，上下或左右延展达 170 公尺以上。矿脉下延深度一般达 500 公尺，个别达 1,000 公尺以上，尚有可采价值；但在上部，可探的矿脉，較多較富；而在深处，較少較貧。最著名的克来遜破碎玄武岩、正在一个火山口內，徑約 240 公尺，深达 700 公尺，具有特别高品位的富矿。

矿石以自然金很少而螢石及碲化金較多为特征，最主要矿石矿物为碲金矿，其次为針金矿，碲銀金矿碲銀矿、及銀銅碲化物。特别丰富的脉穴，时常发見。在克里遜一个充填了金矿的矿洞中，曾产出价值 1,200,000 美元的碲金矿砂，而只前述克里遜一个柱狀矿体内，就产出价值 35,000,000 美元的矿砂。

劳夫麟 (Loughlin)，和高虛曼 (Koschmann) 研究此矿山，認為矿石的生成可分为三个阶段：(i) 第一阶段为圍岩的剧烈腐蝕因而产生碧玉、孔狀石英、透長石、螢石及黄鉄矿；(ii) 第二阶段重复上述的作用而加以白云石、天青石、鈆云母、閃鋅矿、方鉛矿、黝銅矿、及最后碲化物的堆集；(iii) 第三阶段，为洞穴中烟晶、玉髓石、黄鉄矿、方解石、及局部辰砂的沉淀。丰富的碲金矿热液，假定为硷性矿液：从火山深处上升，分散于各火山口，各孔道中，而形成矿体。

在我国境内，尚未发見此种金矿。今后在台湾地区，应注意寻找此种矿床。

(五) 含金变質礫岩型：这是世界上最大的金矿床类型，只南非洲維特瓦特爾斯蘭德区，所产金量，在数十年來，常佔全世界产金总量的 30—40%。它的成因，現在尚有爭論，有人認為是变質水成砂金，也有人認為是热液充填礫岩所成。

維特瓦特爾斯蘭德 (Witwatersrand) 矿区：位于非洲南部，自 1886 年开发以来，产金达 16,000 吨以上，价值在 120 亿美元以上。若干年來，产量常居全世界金矿的第一位。該区共有十几个大矿，圍繞約翰堡 (Johannesburg) 附近，每年采出矿石达 5,500 万吨以上，共挖出矿石，約达 20 亿吨，每年产金約 1,200 万兩，价值 4.2 亿美元，从每吨矿石，可得黄金 0.21 兩，而每吨矿石的开采費用，只合 5.25 美元。現在开采的直下深度，已达 3000 公尺，地下坑道总長，共达 10,000 公里，主要矿区，長約 90 公里、寬 38 公里。

維特瓦特斯蘭德金矿，生于薄层礫岩中，而此层礫岩，生在寒武紀前的維特瓦特斯蘭德系 (Witwatersrand system) 中。此系为厚約 7.5 公里的沉积岩、以整合的关系被盖在更古的花崗岩及片岩之上。此系褶皺成一大向斜，从东向西，出露約 270 公里，橫寬約 135 公里。大多数富矿，都集在北翼。多少断层，錯断了該岩层。維特瓦特斯蘭德系下部，为板岩与石英岩互层，中夾鉄矿建造及火山岩；上部主要为石英岩及变質礫岩互层；全系受无数基性至中性岩脉和岩床所穿插。

含金礫岩共有八个层帶，但其中最重要的，为主层帶 (Main reef)，金百利层帶 (Kimberley reef)，鳥层帶 (Bird reefs) 和札宾斯通层帶 (Livingstone reefs)。

主层帶，屬上蘭德系最下部，厚 7—50 公尺，包括石英岩和粗砂岩中数个礫岩帶，其中三个可采矿层，每层厚約 0.3—3.0 公尺，以所謂『领导层』产金最富。

主层帶的礫石：小而勻，含金比較一律，鳥层帶，在『领导层』上約 530 公尺，金百利层帶，在主层帶上約 2700 公尺，含有十数层礫岩，并含較多的黃鉄矿，所有各层帶間距离，厚薄及連續性均有变化。

富矿体長达 2,700 公尺，寬 330 公尺，厚 17—150 公尺，長軸与礫石長軸平行，有时分歧有时合流但方向一致。林尼克 (Reineke) 指出金的分佈，与較大礫石，均匀的礫石，排到齐整的礫石，和較寬层帶相符合，都与河道有关，因而說明，此金矿的砂金成因。

矿石主要为矿化的礫岩，其粘着物質有石英，絹云母，及少量綠泥石，金紅石，电气石，鋁英石，方解石等。自然金成微粒狀，直徑約 0.07—0.1 公厘，邊緣不平；含金細脉，可以穿过这些粘結物，橫过礫石而加以交代。金中含 8—9% 銀及 3% 銅、鉛、鋅。金的产生，有兩個时期。黃鉄矿較多，可佔矿石的 10—20%，可以交代粘結質及礫石；自然金与黃鉄矿共生，也可橫穿黃鉄矿；其他少量的金属矿物有磁黃鉄矿，方鉛矿，閃鋅矿，黃銅矿，鉻鉄矿，砷鉍矿，及瀝青鈾矿，其中有些矿物，象鉻鉄矿、剛玉、金剛石、电气石等，可能是碎屑物質，而有些显見在岩石固結以后加入的物質。此外，常有无数的次生矿物，热液矿物在含金层帶中，到处可以遇到。

蘭德金矿区的地質学者，多主張砂金重行沉淀說：假定金砂原为河流或冲积扇沉积，与各种碎屑矿物，及有机物質共存一起，后来因硫的侵入，浸溶并重新分佈金質、据杜陶德 (Dutoit) 的說法，有下列的程序：(i) 金的沉积；(ii) 变鉄为三价硫酸鉄溶解砂金；(iii) 变三价硫酸鉄为二价硫酸鉄，及硫化物；(iv) 金与硫化鉄及炭水化合物起反应而沉淀；(v) 鉄矿变为黃鉄矿，炭水化合物变为石墨；(vi) 金，砷氧，砷酸鹽类的重結晶。

但据近来矿床学者格列頓的研究，提出了水热成因，漸受重視。瀝青鈾矿的利用，使这种金矿床成为一种重要的鈾矿床类型。

在我国現在尚未发見此种类型的金矿床，但中国境内寒武紀前变質石英岩和礫岩系，分佈很广，而此种矿床，不仅可以含有黄金，并且可以含有比黄金更可貴的鈾矿，实有加以注意探寻的必要。

(六) 砂金矿床类型：砂金矿床，因为疏松易采，从很早的历史时期，就为黄金重要来源之一。据林格論 (Lindgren) 的估計現代世界黄金的产量約有 $\frac{1}{10}$ 以上，来自砂矿。已經开发的地区，砂矿經若干世紀的开采，已趋竭絕；而边远地区，丰富砂金的发見，仍大有可能。

砂金矿床中，黄金的来源是含金石英脉和含金岩石的风化，搬运，和沉积。由于黄金比重特大的关系常与普通泥砂分离而与磁鉄矿、鉄鉄矿、獨居石、錫石、柘榴石、鋁英石、自然鉍等重而稳定的矿物共生，形成富矿层。

砂金的大小悬殊，最大的 1858 年在澳洲所发现的『欢迎外来人』金块重 83.95 公斤；最新的 1957 年二月在西伯利亚勒拿河下游阿尔杰夫斯克金矿所采出的金块重 12.4 公斤；其他重达数公斤的金块在加利福尼亚、维多利亚、乌拉山和我国的黑龙江、金沙江、鸭绿江等地也都发现过。最细的金粉面，据赫梯（Hite）的计算，须要 5000—7,000,000 块，才值一分美金。

砂金的纯度变化很大，一般介于千分之 500—999 间，平均约为千分之 800。大金块外壳的纯度比内部的纯度大，可能是由于易溶金属的溶解除去所致。

砂金的富集，不但与地貌的情况，而且与基岩的情况有密切的关系。最好的基岩是风化浸蚀成为不平滑面的基岩，例如横过河流的片理，粘土质的风化面，多溶洞的灰岩等。富矿层多在基层面上 30 公分的砂礫中，自此而上，含金量递减很快。又有所谓假基岩一般为—坚致的粘土层，在此层的上面沉积有含金礫石。

砂金的时代，并不限于第四纪，任何地质时代，都可能有砂金的形成，但比较重要易于开采的是属于第四纪或第三纪末期的松散沉积物。

第四纪砂金矿床，产于残积、坡积、及冲积层中。

残积砂金矿床，最著名的实例是澳洲西部是卡尔古利，该地原生火成岩及含有金矿脉的片岩，经热带干燥条件下的风化，多成红土，金在疏松红土中，沿着裂隙，有处深达 30 公尺，含金品位平均达 30 克/吨。

冲积砂金矿是最有价值的砂金矿床，在世界各处，都很普遍，按照成因和产状，冲积砂金矿床，可分为下列 5 种类型：

(1) **河床砂金型**：在河谷底部现代河床上产生，也就是在最近冰期后浸蚀沉积所形成的，在含金区域中分布很广，我国著名的金沙江和黑龙江，都有此种类型。

(2) **阶地砂金型**：在若干层高于河谷底部的阶地上形成的，他们是产生在较早的侵蚀期中，形成越早，其位置就越高，但因后来的侵蚀，只有某些地方保存下来。一般说来，阶地砂金，往往比现代河床砂金，还丰富一些。苏联勒那区域、鄂霍次克区域、中国康定区域、都有阶地砂金。

(3) **海成砂金型**：是沿着海岸，受海浪、海流对于原生矿床或古老砂金矿的作用所形成的，在阿拉斯加的诺姆市附近海成砂金矿床宽 80—100 公尺，长 5,000 公尺，品位不一，高者超过 200 克/吨，已产金数百万美元以上。

(4) **含金礫岩型**：苏联有时代不同的含金礫岩，如乌拉尔的第三纪含金礫岩，贝加尔区的侏罗纪含金礫岩，北叶尼塞的寒武纪含金礫岩，南非的维特瓦特尔斯兰德寒武纪前受变质的含金礫岩（？）等，都属此类。

(5) **埋没砂金型**：林格伦因此类砂金的普遍性，曾总结了加利福尼亚、阿拉斯加、维多利亚等处的实例，提出了古代河道被后来沉积或玄武岩流所埋没的砂金，我国山东棲霞县就有第三纪玄武岩流下埋没有砂金曾经开采。

III 中国金矿的分布及实例

我国金矿，产量不多，而分布很广，兹分北部和东北部，及南部和西北部，简述如下：

(一) **北部和东北部**：东北是我国重要产金地区，兴安岭、黑龙江、和辽东、山东等地区都有著名金矿。华北产金地区，多在热河高地南坡、遵化、密云、昌平一带；山东招远、牟平、棲霞等处，地质情况亦与冀北相近。金矿围岩，大都是片麻岩、结晶片岩、花岗岩及閃长岩。成矿年代，尚无定论，有人说是燕山期，但山东招远牟平之金矿，可能形成很早；而吉林延吉鶻鴿子金矿，生在第三纪火山岩中，成矿时期，又可能很晚。兹分为山金和砂

金列述如下：

- | | | |
|--------|---|--|
| 山
金 | { | (1) <u>矽酸盐型含金硫化物矿床</u> ：辽宁复县华铜矿山，本溪馬鹿溝矿山，均系銅矿床，但均含金。 |
| | | (2) <u>热液矿脉</u> （含金石英脉，及含金硫化物矿脉）：（i）生成較早的如东北、河北及山东各金矿，一般都含硫化物，如吉林樺甸夾皮溝、辽宁兴城夾山，山东招远玲瓏山等；河北（旧热河省）北部隆化丰宁一帶的金矿与石英脉及偉晶岩牆的关系，較为密切；（ii）生成較晚的如延吉八道溝（鷄鳴嶺子）金矿，生在第三紀块集岩及安山岩中。 |
| 砂
金 | { | <u>第四紀砂金</u> ：分佈很广，东北各大河流域都有，最著名的如黑龙江的漠河金矿及太平溝金矿，有些阶地型砂金，也属于此类。 |
| | | <u>第三紀砂金</u> ：如吉林琿春門子金矿，山东棲霞玄武岩流下之砂金等。 |

以經濟价值言，古期含金石英硫化物矿脉及第四紀砂金較好。含金石英硫化物矿脉中，常含黄铁矿、方鉛矿、閃鋅矿、个别还有磁黄铁矿、磁铁矿及輝鉍矿等。

（二）南部和西北部：根据刘祖彝的意見，以長江为界，中国南部和西北部的金矿，可划分为江南和江北二区：江南区包括湘东、湘西、黔东、桂南、閩北与滇粵諸省区，以开采山金为主，如湖南之桃源、沅陵，（也有砂金）；广西之武鳴、上林；貴州之天柱，錦屏；广东之增城；云南之蒙自，山金产量約佔总产量 30% 以上。江北区包括川北、豫西、鄂西北、及陕甘南部，青海东部，及新疆各处，以砂金为主，如四川之松潘，西康之色尔古，青海之聲源等。

江南区圍岩多为板岩及石英岩，充填矿脉，最为发育，巨大深長，并且連續，随地层褶曲，頗有規律，具可采价值。江北区圍岩多为片狀砂岩及千枚岩，褶皺复杂，金脉短小分散，分佈无規則，母岩出露特大，足証久經浸蝕，所以砂金沉积較多。

本部山金，可分三类：（i）古生代前中溫充填矿脉：矿体为石英脉，含硫化物，黄铁矿、黄銅矿、閃鋅矿、方鉛矿、及毒砂等，矿脉与圍岩界限分明；（ii）古生代高溫充填矿脉：圍岩与矿脉界限不明，矽化作用显著，矿石与石榴石伴生，（如广西賀县金矿）；

（iii）中生代低溫充填矿脉：生于石炭二叠紀灰岩中，自然金甚佳、金块大有达百数十兩者，与螢石，辰砂白云石伴生，如四川之松潘金矿。

至于砂金，中国南部及西北部砂金的絕大部分（99%），均屬河流冲积；（其中一部可能与冰川有关？）按生成时代可区别为下列三种：（i）第三紀砂金，如四川崇慶、灌县、及河南嵩县含金砂礫层，不整合地位于白堊紀岩层之上，傾角大；（ii）第四紀阶地砂金，如四川銅河及沱江上游，第四紀阶地砂金、高出河面从数公尺至数百公尺，如河窄流急，此类阶地，多保存完整，所含金粒粗大，但金質分佈不均；如河面寬大，水流和緩，阶地多不完整，金質分佈均匀而不集中；（iii）現代河床沙金，深埋河水水下，采掘較难。

关于中国的金矿，解放以后，新資料不多，茲簡举数例：

（1）湖南沅陵洞冲溝金矿，位于沅陵县东北部距柳林汶市 10 公里，（由桃源县城西南行，60 公里至柳林汶）。含金石英脉，生于灰綠色千枚岩及其所夾的砂岩中，矿脉沿层面生成，走向东东北——西西南，寬自数寸至数尺，長达 2.5 公里；洞冲溝脉，向北 30° 西

傾斜，傾角 35° ；該脉矿物，除自然金外，有赤砂、黃鉄矿、方鉛矿、閃鋅矿、黃銅矿、白云石、方解石及綠泥石等；組成圍岩的矿物，以絹云母及石英为多；自然金，伴黃鉄矿，及方鉛矿生成細脉，穿插于脉石英中；矿石每吨含金 0.2—1.0 兩。又附近也有細砂停积，可取以淘金，而沅水自柳林溪以下，在許多地方，冬季水淺时，均可淘金。

(2) 吉林樺甸夾皮溝金矿：在沈吉鐵路盤石站东 150 公里，附近有各种片麻岩类，以及穿插其中的各种矿脉；角閃花崗片麻岩最多，片麻理的方向、是从北 70° 西至北 70° 东，傾斜向南 20° — 50° ；断层方向，北 20° 西至北 30° 东；岩脉方向，与断层一致；本坑矿脉走向，大致与圍岩片理一致，長 100 公尺，寬 22—200 公分，矿石一般呈块状，无藕状或角礫状構造，矿物包括磁鉄矿、磁硫鉄矿、黑鎢矿、黃鉄矿、黃銅矿、方鉛矿、白鉄矿、赤鉄矿、輝鉍矿、自然金、石英、絹云母、重晶石、方解石、菱鉄矿、綠泥石等。石英、黃銅矿与自然金伴生最密切。

此外，东山坑矿脉，長 400 公尺，寬 1—2 公尺，主要由白色半透明石英構成，上部有不清晰的条状硫化物，方鉛矿最多，黃銅矿次之，閃鋅矿很少；伴生的非金屬矿物为石英、菱鉄矿、絹云母、綠泥石、方解石；含銀量为金之數倍至数十倍，显見与本坑不同。

(3) 山东招远玲珑山金矿：位于招远县城东北 15 公里。附近山嶺，大都由細粒花崗岩及斑状花崗岩所構成。斑状花崗岩中，时見片麻岩包裹体，且二者片理方向不一致，显見斑状花崗岩之生成，应在片麻岩后。穿插于上述二种岩石中的有許多岩墙及矿脉，按其生成次序为偉晶花崗岩及長英岩岩墙，含金石英脉，各种煌斑岩岩墙。

含金石英脉大小不一共約 50 余条；呈东北及北东北走向；最厚者 10 公尺，薄者仅 10 公分；其中数条延長 2,000 公尺；主要为裂隙充填，兼有輕微交代現象；所含金屬矿物，为含金黃鉄矿，含金黃銅矿，磁黃鉄矿，方鉛矿，及閃鋅矿等，間或有游离之自然金；非金屬矿物，主要为石英，少量方解石及白云石；圍岩蚀变为綠泥石化，絹云母化，及矽化。

矿脉生成，可分兩期：初期矿液沿断层及节理上升，造成含金黃鉄矿，含金黃銅矿，及磁黃鉄矿，而初期成生之脉石，仅石英一种，成白、淺灰或紫灰等色；第二期生成之方鉛矿、閃鋅矿及黃鉄矿，白色透明石英方解石及少量白云石，充填于第一期矿物之裂隙中。

郭文魁認為細粒花崗片麻岩系最早的花崗岩，經区域变質而成。随着这种变动的造山运动，造成斑状花崗岩岩漿之侵入；残余的花崗岩漿，沿节理充填，形成偉晶岩；繼沿节理、发生断层，热液沿断层上升，造成含金石英脉；至于花崗岩岩漿先期因重力分異而存在于下部的較基性的溶液，最后受挤上升，穿插以前固結的岩石和矿脉，就造成了煌斑岩。

(4) 台灣金瓜石銅金矿床：金瓜石矿区、位于基隆东南 21 公里，規模宏大，选矿厂号称东亚第一。附近地层屬第三紀砂页岩系，上部砂岩較多，下部页岩較多，各夾煤层，共厚 1,300 公尺。侵入此沉积岩系的，有石英閃長岩，分佈于基隆山，金瓜石本山，武丹坑山及草山等处，面积佔本区之半，形成岩床，岩頸及岩脉等。地层走向傾斜、頗多变化，褶皱断层，殊为复杂。矿区范围，南北長 3,600 公尺，东西 2,000 公尺；已发見的主要矿体，由西至东为瑞芳，武丹，梅树，本山，長仁，草山等，大都在閃長——安山岩中，成裂隙充填及（或）交代矿脉，矿层，筒状矿脉，及不規則矿体。圍岩矽化及高嶺土化。本矿含金、鉛、銅諸金屬，并多黃鉄矿。含銅主要矿物为硫砷銅矿，黃銅矿甚少，其他硫化物有白鉄矿、閃鋅矿、纖維鋅矿、方鉛矿等；非金屬矿物有石英、方解石、重晶石、明矾石等。茲將其主要矿体、簡述如下：

(甲) 金瓜石本山矿体最大，石英安山岩在第三紀地层中，走向南北，系擾乱帶中裂隙

充填交代所成的大复合矿脉，延長 1,500 公尺，寬 5—10 公尺（最寬达 30 公尺），深度最少为 700 公尺，走向北 5° 西，倾向东，傾角 70°—85°，拔海 638 公尺；共分几层坑道开采，第九层已达海面下 190 公尺；第四层以上为氧化帶，矿石經劇烈風化成赤褐色土，含金最多，銅很少，每吨含金 2.3—10 克/吨，偶达 100 克/吨，銀 10—40 克/吨，四层以下，采銅为主含銅量約 0.7—0.8%。

（乙）長仁区：在本山北 1 公里为另一組复合矿脉羣，生于沉积岩內，西为安山岩所限，沿其接触帶之第一長仁矿在西，獅子岩矿床在东，其間大小矿体很多，組成寬 1 公里的矿化区。矿体形狀可分六类（i）层狀脉：沿向东傾斜之矽化砂岩层面而成，沿走向长达 500 公尺，沿傾斜深达 700 公尺、形狀整齐，圍岩矽化强烈，在垂直 300 公尺距离內，氧化帶含金甚富，晶洞中常見重晶石晶体，被含金的鉄氧所充填。（ii）节理脉：沿含炭質頁岩及安山岩，节理发育，成板狀或斜筒狀，均見有矽化及角礫岩化現象，含金甚高，与黃鉄矿共生。（iii）晶片脉：圍岩为頁岩，矽化甚深，呈角礫狀構造。（vi）断层脉：沿断层面产生，走向北 70° 西，向北傾斜，傾角 75°，走向与层狀脉及节理脉垂直。（v）接触矿脉：以第一長仁为代，西为安山岩，东为沉积岩，圍岩强烈矽化及明矾石化、含金少銅多，兼含纖維錳矿，与本区其他矿脉不同。（vi）漏斗狀矿体。上大下小，附近砂岩矽化甚深，氧化帶以金为主要产物，例如獅子岩。

此外瑞芳，武丹，草山等区，地質情况与本山及長仁略同，但产量甚少，金爪石本山，現在以产銅为主，金次之，長仁以产金为主，銅次之。

参 考 文 献

- （1）別傑赫琴，塔塔林諾夫，矿床学，第二編 133—147 頁。中文版，1953。
- （2）貝特曼：矿床学，419—453 頁，1950。
- （3）朱夏、中国的金矿，商务印書館。
- （4）刘祖彝：中国南部及西北部金矿之生成及其富集的規律。矿測近訊 1946。
- （5）郭文魁：山东招远玲瓏山金矿床問題的檢討，矿測近訊 107—108 期，1950。
又山东招远玲瓏山金矿岩石及構造之形成。地質論評，16 卷 1951。
- （6）馮景蘭山东招远金矿。地質論評 1 卷 4 期 1936。
又山东棲霞玄武岩流下之砂金。中国地質学会誌 17 卷 33—39 頁，1937。
- （7）地質調查所第七次矿业紀要。1945
- （8）喻德淵：湘西黔东金矿地質，中央研究院地質研究所，集刊 12，1950。
- （9）李承三，松潘漳臘式砂金矿，中央研究院地質研究所集刊 8，1948。
- （10）曾繁祿：云南墨江坤勇金矿簡述。地質汇报 36 号，1945。
- （11）謝家榮：台灣金瓜石矿山紀要：矿測近訊 61 期，1946。
- （12）趙家驥：山东牟平金中山含金黃鉄矿，矿測近訊，116 期，1950。
- （13）王曉青：湖南沅陵洞冲溝金矿。湖南地質調查所报告 17 号，1935。
- （14）渡边万次郎。金矿及金矿床。东京新光社，1932。
- （15）Emmons, W. H. Gold deposits of the World. Mc-Graw Hill, 1937.
- （16）Gold Resources of the World, XV Int Geol. Cong. S. Africa. 1929.
- （17）Reinecke, L.; Location of payable ore Shoots on the Witwatersrand. Geol. Soc. S. Africa Trans. 30: 89—119, 1927.

- (18) Graton, L. C., Hydrothermal origin of the Rand Gold Deposit, Ec. Geol. 25 : Supp. No 3, 1930.
- (19) Symposium on gold Deposits of the Rand, Geol Soc. South Africa, 34 : 1—93, 1931
- (20) Knopf, A., The Mother lode System of California, U.S. Geol. Surv. Prof Paper 157, 1929.
- (21) Dunn, E. J., Geology of Gold, London, 1929.
- (22) White W. H. Mechanism and Enviroment of Gold deposition in Veins, Sc. Geol. 38: 512—532, 1948.
- (23) Schwartz G. M., Host minerals of native gold, Ec. Geol. 39. 371—411, 1944
- (24) Chance, E. M., Origin of the Bendigo Saddle Reefs and formation of Ribbon Quartz, Ec. geol. 44 : 561—597, 1949.
- (25) Билибин, ю, А, Основы геологии россыпей, нкпг, гдавзолто 1955.
- (26) Чухров, Ф. В. О миграции золота в зоне окисления изв. АН СССР серия
- (27) Мостовиу, Е, Я. Обработка Золотосодержащикруд. Агальгошация, хлоринация, Циайирование, Тотск, 1922—1923
- (28) Обручев, В. А. Новые золотосные районы Восточной Сибири, Горн. журн. но. 1, 2, 3, 4—5, 6—8, 1924
геол. но. 4, 1947
- (29) Richard, Jeppe. Gold Mining on the Witwatersrand. 1946.
- (30) Legraye, M, Origine et formation des gisements d' or, Liege, 1942,