

王 志 仁

第 四 講 內 生 礦 床 (一)

什么是內生礦床

在沒有回答這個問題以前，先讓我們考察一下某些礦床的情況。例如：我們到一個鉻鐵礦區，就會發現，鉻鐵礦石是直接生在一種深色的火成岩里面，鉻鐵礦本身就是組成這種岩石的成員——礦物之一，它和其他的造岩礦物混雜在一起，往往分不清礦體與圍岩的界限。在另外一些地方，我們又會發現某些金屬礦床常常圍繞着某一火成岩體呈帶狀分布，例如圍繞江西大庾花崗岩岩體，在江西、廣東、廣西接壤處有鎢錫礦帶，由此往西則有以湖南水口山為中心的鉛鋅礦帶，更西則有以湖南錫礦山為首的銻礦帶。最奇怪的是某些火山噴發時，不僅噴出大量的熔岩、氣體以至固體狀態的物質，而且在火山口周圍還沉澱有硫、錫、鈷、鉛、鋅等的有用礦物。

但是某些礦山却是另外一種情況，例如煤礦，我們不僅沒有發現它直接生在火成岩體里面，而且找不到它與火成岩形成有關的證據。相反的，我們在煤層里却找到一些還未變成煤的植物的枝和葉，並且還可以找到花粉和孢子等。住過海濱的人，大概都知道從海水里是可以晒出鹽來的。含有鹽礦的地層我們可以推想它是過去的海灣、淺海、湖泊里的水經太陽蒸發形成的產物，而與火成岩不會有什麼成因上的聯系的。

如何來解釋這些不同的現象呢？

地質學家經過很久的研究和討論，認為世界上雖然有各種各樣的礦床，礦體的形狀儘管是千變萬化，

礦床內部的有用礦物虽然是各不相同，但它們生成的方

式只不过有兩種。一種是在地殼各種不同的深處，並在各種不同的而通常是高的溫度和大的壓力下，由地球內部的熱與岩漿活動有關的一些作用生成的；一種是在地殼表部，在常溫常壓下，由於主要以和太陽能有關的空氣、水和生物等作用形成的。

前一種作用，地質學家叫它做內力作用，由內力作用所形成的礦床就叫做內生礦床；後一種作用，地質學家叫它做外力作用，而由外力作用所形成的礦床就叫做外生礦床。

在普通地質講座里，我們會較詳細的介紹了內力作用和外力作用，現在讓我們來回憶一下那是怎樣說的。在普通講座的第四講里會這樣說：“外力作用的特點是在把高地和整個陸地破壞和削平，並把破壞的物質填充到海洋、湖沼和各種凹地中去。……內力作用與外力作用不同，它引起地表的緩慢垂直升降運動，地殼的褶曲和斷裂、地震、岩漿的侵入和噴出。”

那末，這與造成礦床的外力作用與內力作用是不同的呢？肯定的說，二者是完全相同的。地球是一個整體，受着同樣的自然力的作用。因此，內力作用不僅能够使地殼發生褶曲、斷裂，以至岩漿的侵入和噴出，同時伴隨着這些作用還形成各種各樣的內生礦床。外力作用不僅能够把地表破壞、削平，並把破壞的物質搬運沉積填充到海洋、湖沼和各種凹地中去，而且也可形成各種各樣的外生礦床。在內力作用的情況下，地殼發生大的褶曲和斷裂的同時，岩漿即“乘機而入”。原來在岩漿中的有用物質及攜帶大量重金屬的揮發性組份，在岩漿侵入時期以某種方式從岩漿中分離出來，或者直接生于火成岩中，或者填充裂隙並交代圍岩而形成各種各樣的內生礦床（圖1）。

在外力作用的情況下，地殼表部經過長期的風化剝蝕

之后，使原來深埋地下的礦床和圍岩暴露地表，遭受外部營力的作用，并受到物理風化、化学風化、生物風化、局部的溶解、搬运和重新沉積的影响，使有用物質聚集結果形成在常溫常压下穩定的外生礦床。从这一概念出發，就不难理解我們上面所談的例子中，有的礦床为什么总与火成岩有密切关系，另一种多是在沉積岩層之間，以及內生和外生礦床的区别这些道理了。

內生礦床是怎样形成的

我們既然知道內生礦床是直接間接与岩漿侵入活动有关，那末就不难推定岩漿是这些金屬物質的主要泉源。也正是由于岩漿的侵入活动，这許多金屬物質才从深处被运到各个不同的地点“堆積”起來形成了內生礦床。可是，是不是由岩漿生成的礦床都是一模一样呢？是不是它里面含的有用礦物成分也都是相同的呢？事实却不是这样。有些金屬是生在基性的岩石里面，另外一些却生在和酸性侵入体有关的岩石里面。例如，鉄族金屬（鈦、鈳、鉻、鉄、鎳、鈷），鉍族元素（鉑、鈮、鈷、鈳、鈳、鉍）和部分銅鎳礦床，多生于超基性岩（如輝石岩）和基性岩（如輝長岩）岩体中，而大多数錫、鋁、鉍、鉍等礦床的分布則多与酸性岩有关。这种现象又将如何解釋呢？

为了回答这个問題，我們得先研究一下岩漿的活动和它發展的歷史，也就是說我們先要考察一下岩漿是如何演变的和形成各种礦床的。

1. 岩漿的一般概念：“岩漿”这个名詞是从希臘文來的，按原文的意思是指像“麵团”一样的东西。其实，岩漿并不是像“麵团”那样穩固，而是地壳深处的一种流动性非常大的熔融体。如把它比成一个人，那它就是一个非常活动的人了。只要地壳有些变动，或者蓋在它上面的岩層有了裂隙，它就開始“大肆活动”，并把它的肢体向四面八方的空隙和弱点中伸延侵入。它的体积非常大，至今还难令人了解，就拿方圆几千公里的岩基來說，也不过是它支体的一部分。它拥有无垠的財富，不僅地球上六百多种火成岩的成分在它里面都可找到，而組成各种內生礦床的有用元

素也不过只是它財富的一小部分。岩漿的溫度也是非常高的，根据一些地質学家的實驗室研究和对火山的观察，認為当在 1000°C 以上。这就是我們現在对地下深处的岩漿所能了解的一般情况。从上述概念出發，我們可以給岩漿下个定义，即岩漿是一种复雜的存在于地壳深处的熔融体，除了以矽酸鹽类为主要成分外，并含有各种揮發性組份和重金屬的硫化物与氧化物。

2. 岩漿的分異作用：我們現在已經知道地壳內的火成岩有 600 多种。如果將这 600 多种火成岩分析研究一下，則各具有不同的特征。按化学成分來說，一般可以分作酸性的、中性的、基性的和超基性的。按產狀來說，有深成的、淺成的和噴出的。而更重要的是与火成岩形成直接間接有关系的內生礦床，也是各式各样，种类繁多。

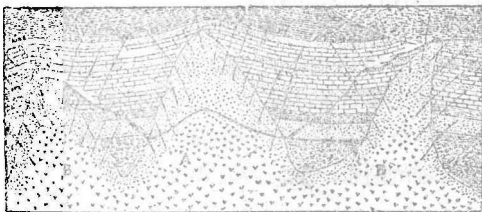
地質学家經過長时期的多方面的研究認為，地壳內的各种火成岩，以及与其有关的內生礦床，都是由于岩漿的分異作用造成的。岩漿在冷却时發生分異作用；其結果是將一种成分均一的岩漿分化成成分不同的各部分，从而冷却形成了不同种类的火成岩。同时，在分異过程中，有可能使有用成分特別集中，而形成有工業价值的礦床。

根据現時岩石学家和礦床学家的意見，岩漿的分異作用主要有下列几种：

(1) 岩漿的結晶分異作用：岩漿在冷却过程中，各种不同物質按一定的順序結晶成固体，这种过程就叫做岩漿的結晶分異作用，因此又有人叫它做**固体分离**。由于岩漿从結晶作用开始到整个熔漿完全凝固为止要經過数百度的溫度范围，先結晶的礦物可因重力关系而下沉，而未結晶的物質仍然呈液体状态存在，但是这时液体的成分由于某些物質已經結晶出來，顯然它和原來的岩漿成分是有所不同的。这样順次結晶的結果，就可形成不同的岩石，以及有用物質的集中而形成各种礦床。

(2) 熔离作用：在岩漿处于高溫状态时，岩漿中的矽酸鹽和硫化物，它們的关系像一个家庭的父母子女一样彼此親密的住在一起，可是当溫度降低时，硫化物部分与矽酸鹽部分就開始“分家”了，而成为两种不同的液体。这种过程就叫做**熔离作用**，也有人叫它做**液态分离作用**。

(3) 同化作用：在我們討論上述两种分異作用时，沒有考慮岩漿与圍岩的关系。事实上这是不够全面的，因为岩漿与被它所侵入的圍岩，無論在化学成分上或物理状态上都有很大区别，当熔融的高溫岩漿，沿地壳裂隙上升时，就必然与它所接触的圍岩發



生反应而引起同化作用。在發生同化作用时，圍岩中某些有用成分可以直接進入岩漿中富集起來，同时，由于圍岩的加入也可以改变岩漿原有的成分。这就影响了岩漿分異作用的正常進行，使成礦作用变得更为有利。例如，有些学者認為，某些火成岩內的石墨礦床，就是因为圍岩中的炭質或二氧化碳(CO)加入到岩漿中去形成的。

4 礦化剂作用：上面我們已經說过，岩漿的成分中还含有一部分揮發性物質。这些揮發性物質是水(H₂O)、氟(F)、氯(Cl)、硼(B)、硫(S)、砷(As)、炭(C)、磷(P)等。它們的特点是揮發性高，熔点低。这些揮發性組份在成礦作用中起着巨大的作用，一方面它可以与金(Au)、鐳(W)、錫(Sn)、鉬(Mo)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銅(Cu)、汞(Hg)等重金屬結合成为揮發性的化合物，使这些重金屬在岩漿結晶的早期不能成为固体分离出來，并帶着它們向岩漿体的上部集中，到适当时期沉淀而形成礦床，另一方面它也可以使岩漿体的結晶溫度降低，并保持較高的流动性。

由于揮發性組份在成礦作用中起着这样大的作用，所以又有人將这种揮發性組份称为礦化剂。但是礦化剂的活动在岩漿早期是不顯著的，只有在岩漿結晶的最后阶段方顯得重要。

上述分異作用中以結晶分異作用最为重要，虽然用結晶分異作用来解釋岩漿的演变过程还存在着一定的缺点，例如没有考虑到岩漿活动中各种复雜的外界影响，而把自然界的現象过分簡單化等。但是由于它的体系比較簡單嚴整，便于綜合地討論，并能使人对岩漿分異的全部过程有一个概括性的了解，所以一般还是采用这种說法。我們在解釋內生礦床的形成过程时，就是采用这种說法的。現在我們再較詳細的研究一下結晶分異作用对內生礦床形成的关系。

原来性質均匀的岩漿（輝長岩岩漿），当它由地下深处上升时，在逐漸冷却的过程中，其中一部分物質即开始結晶出來（圖2）。首先結晶出來的为超基性及基性岩石，以及鈦鐵礦、鉻鐵礦及一部分鈦、鎳、銅和金剛石等礦床。随后結晶出來的为中性、酸性和鹼性岩石，生成了閃長岩、花崗閃長岩、花崗岩及正長岩等类岩石。在有利的条件下，亦可形成磁鐵礦、磷灰石、霞石及石墨的礦床。上述兩类礦床由于都是在岩漿主要結晶期形成的，所以都叫做岩漿礦床。岩漿發展到这个阶段，大部分物質已經結晶形成各种岩石及其中所含的某些礦床，剩下的只是一些殘余的矽酸岩漿了。在这种殘余的矽酸岩漿中，溶解着大量的揮發性組份，如水、氟、氯、硼、硫、砷、磷、磷等。这些揮發

性組份的活动力非常強，就像我們鍋爐內开水所冒出的蒸气一样，可以說是“无孔不入”，最有意义的是它們常和一些重金屬（如金、錫、鎢、鉬、鉛、鋅、銅、汞等）及一些稀有元素親密的接合在一起形成容易揮發的分子化合物，并帶着它們一起跑到周圍岩石裂隙中去，結果形成了我們在野外所看到的某些礦床。

但是这种含有揮發性組份的殘余岩漿溶融体，并不能遂心所欲的到处乱跑，它的活动受着它的圍岩条件的限制。如果这种殘余的岩漿体是位于地下深处，外部的压力非常大，又没有弱点可乘，便不能跑出岩漿范围以外太远的地方。这时殘余的溶融体只得进一步冷却而結晶成具有粗大晶体的偉晶岩礦床了。因此，这些偉晶岩的成分中，除了有由岩漿正常結晶作用產生的礦物，如長石、石英、云母等外，还有一些含有揮發性組份的礦物，如电气石、綠柱石、黄玉等，可能还有一部分稀有元素。

当岩漿源位于中深地带，这时外部的压力即相对减少，而內部揮發性組份所造成的压力即相对增大。在这种情况下，揮發性組份呈气体状态沿裂隙侵入到周圍岩石中去，并与周圍的岩石發生接触，形成所謂接触交代礦床，又叫做矽酸岩礦床。

可是这些揮發性的化合物，并不是老是停滯在接触帶內，可以沿着裂隙及薄弱地带繼續向圍岩侵入。但是这时揮發性組份在前進途中逐漸散失了大量的热，已开始逐渐变为热水溶液。这种热水溶液的活动性已不如以前那样大了，但仍有足够的力量沿着岩石裂隙及空洞前进，并把一些礦物組份沉淀在里面，結果形成一些非常重要的热液礦床。

这就是岩漿由于結晶分異作用而形成各种岩石及內生礦床的簡單过程，从这个概念出發我們可以將內生礦床分为岩漿礦床、偉晶岩礦床、岩漿期后礦床。后者又可分为接触交代礦床及热液礦床。在內生礦床各講里，我們將按上述順序叙述每一类礦床的特征。現在讓我們先介绍一下岩漿礦床。

岩 漿 礦 床

1. 岩漿礦床的一般特征

岩漿礦床是从岩漿溶融状态开始生成的，也就是說是在岩漿冷却过程中的最初期（岩漿时期）生成的。如果把岩漿当做母親，那末，岩漿礦床就是岩漿生下的第一个兒子了，至于偉晶时期、接触交代时期和热液时期的礦床，就是岩漿第二个，第三个及第四个兒子了。

既然岩漿礦床是內生礦床生成順序中的第一个階

，而又在岩漿形成岩石时期生成的，那末它就有与其他礦床不同的特征。

(1) 首先，由于礦床和其周圍的岩石大都是同时生成的，也就是岩漿在形成岩石的同时也形成了礦床，所以岩漿礦床的圍岩，都是火成岩。礦石聚集在火成岩中，而且礦床的脉石礦物一般都应是造岩礦物。

(2) 由于岩漿礦床的礦石礦物，是在液体岩漿时期結晶出來的，所以一般都是比重大、熔点高、成分比較簡單的礦物。例如，磁鉄礦、鉻鉄礦、鈦鉄礦、金剛石、白鎂、硫鉄鎂礦、磷灰石、剛玉、自然鉄等等。

(3) 礦体的形狀一般不規則，且往往与圍繞它的岩石呈漸變的关系，这就是說礦体与圍岩界限往往不明顯。

(4) 由于岩漿冷却初期結晶出來的造岩礦物，大多是橄欖石、輝石及斜長石等基性礦物，所以与岩漿礦床生在一起的火成岩，也多是橄欖岩、輝長岩及由它們變成的蛇紋岩等超基性或基性岩石。縱然在岩漿分異的較晚期形成的酸性或中性及鹼性岩石，如花崗岩、花崗閃長岩、閃長岩、霞石正長岩等也可形成磁鉄礦、磷灰石等礦床，但一般經濟价值不大，而且非常少見。

这就是岩漿礦床的一般特点。它告訴了我們礦床的成因、岩漿礦床中所含有的礦石礦物，礦石与圍岩的关系。我們可以根据这些特点進行这类礦床的普查和勘探。

2. 岩漿礦床的生成方式

我們已对岩漿礦床的一般特征有了一个概念，現在我們再進一步研究一下它的生成方式，并根据它的生成方式再詳細划分一下它的成因类型。

許多地質学家对岩漿礦床進行研究，發現礦石和周圍的造岩礦物，礦体和圍岩有不同的关系。例如，有的礦石礦物，生長的非常自然，外面的造岩礦物都要依着它的形狀進行排列。而在另一种情况下，周圍的造岩礦物按着自己的形狀排列起來，而礦石礦物就像硬挤在它們中間一样，把它們的空隙填得滿滿的。更奇怪的是有些礦石礦物是擴散在整个圍岩中，組成所謂浸染狀礦体，而有的却是集中起來形成所謂脉狀和扁豆狀礦体。

都是岩漿礦床，为什么会有这样不同的產狀呢？它們又是怎样生成的呢？这就是我們所要談的問題——岩漿礦床的生成方式。岩漿礦床生成的方式有下列三种：

(1) 在岩漿結晶时呈固体状态分出：当岩漿因

冷却开始結晶，一部分熔点高、比重大的礦石物質首先从岩漿中結晶出來。这时它周圍的岩漿大部分还是液体状态，它們漂浮在液体岩漿中，或者因比重大的关系而向下部集中，形成岩漿底部礦体，或者受液体流动的影响而集中在某些部分形成浸染狀或致密浸染狀的礦体。

(2) 在岩漿結晶时呈液体状态分出：当岩漿还在高溫和高压情况下时，里面的矽酸鹽熔融体与含造礦元素的硫化物熔融体是混合在一起的。可是当岩漿开始冷却时，矽酸鹽熔融体和硫化物熔融体就不再混合在一起了，它們分成了兩部分。这就和在普通温度下所看到的水与油分开一样。分开了矽酸鹽熔融体和硫化物熔融体就不在一起結晶了，而自行結晶，有用物質集中起來，形成熔离礦床。

(3) 在岩漿冷却的最后一阶段，呈残余熔融体状态分出：岩漿因为冷却而進行結晶时，其中大部分造岩礦物已經結晶，而剩下一部分物質仍然呈液体状态。这部分残余的熔融体，可以圍繞着已經生成的造岩礦物結晶，也可因为它本身具有流动性或受外力的挤压而侵入到母岩的裂隙中去，而形成礦条或礦脉。

由第一种生成方式所形成的礦床，叫做分凝礦床，由第二种生成方式形成的礦床，叫做熔离礦床，最后一种方式所形成的礦床，叫做后期岩漿礦床。

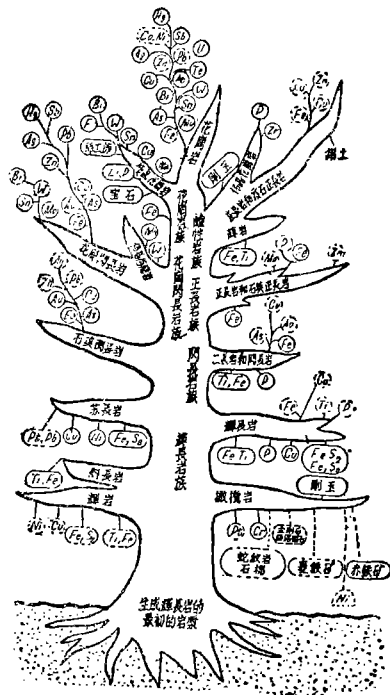


圖 2. 与火成岩类有关的元素及礦物分布圖

3. 岩漿礦床的类型

(1) 分凝礦床 分凝礦床就是上面所講的以固体分离的方式形成的礦床，有人又叫它是分結礦床。它的最大的特征，是組成礦床的有用礦物早于或和周圍岩石的造岩礦物同时結晶，因此有用礦物多具有較規則的自形晶外形(圖 3)。按其共生礦物成分來說，

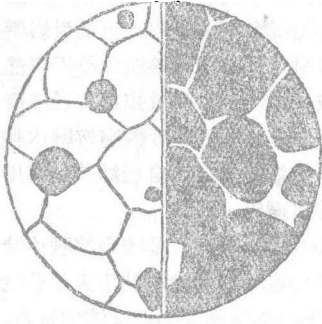


圖 3. 在橄欖岩中早先分出的鉻鐵礦(黑色); 橄欖岩(左), 塊狀礦體中的純橄欖岩(右)

跟圍岩差不多，僅其有益礦物含量略為增高而已。按其圍岩性質來說，几乎僅形成在超基性岩—純橄欖岩、蛇紋岩和輝岩中。这种方式形成的有益礦物有超基性和基性岩中的鉻鐵礦、鉑族金屬，角礫云母橄欖岩礦柱中的金剛石和鹼性岩体

中的稀土礦物(鈾鈾鈦礦、独居石、鋯英石等)。按礦体与圍岩的接触关系來說，是沒有顯明的界限的，由礦体向圍岩的过渡是逐漸的。按礦体形狀來說，一般为礦瘤、礦巢和透鏡体。金剛石礦床却以礦柱为特征。按成礦的溫度來說，岩漿礦床形成溫度为700—1500°C，而分凝礦床却在这个最高溫度範圍內形成。礦床形成的外压力很高，特別对于金剛石礦床須在很高的压力下才能形成。

(2) 熔离礦床 当岩漿在熔离时期分离成为矽酸鹽和有益組份兩種熔融体，其中有益組份能聚積形成所謂熔离礦床。例如基性岩石(輝長岩、苏長岩和橄欖輝綠岩)中的銅鎳礦床就是这样生成的。当熔离作用开始时，硫化物部分成为小球的形状，呈散在矽酸鹽部分內，这些小球可以匯集成帶狀或囊狀的聚集体，但因为硫化物的比重較矽酸鹽为大，遂沉降到岩漿深处，因此，造成的礦体多出現在岩盤的下部。根据苏联別捷赫琴院士的觀察，硫化物不僅可置換圍岩中的橄欖石和輝石顆粒，而且可置換基性火成岩中最后結晶的鈦磁鐵礦的顆粒，由此可見，硫化物的結晶作用是在基性火成岩完全变成結晶顆粒集合体以后，但按礦物質的集中时期則应屬於早期岩漿礦床的范疇。熔离礦床一般多生于基性岩石(輝長岩、苏長岩和橄欖輝綠岩)中。按礦石產狀來說有浸染型及塊狀体，其中塊狀礦石和圍岩接触較明顯，而浸染礦石却不明顯。按礦体形狀來說有浸染礦石的層狀礦体(在岩盤

底部)、礦瘤和礦巢，或由塊狀礦石組成的形狀不規則的礦脉。这类礦床的主要硫化物礦物是磁黃鐵礦、鎳黃鐵礦和黃銅礦，有时还有磁鐵礦、碲酸鉑礦、鉑的硫化物、鈾以及含鉍硫化物。

(3) 晚期岩漿礦床，系形成在岩漿冷却凝固后一階段，由殘留的熔漿形成的。按其生成的位置分为下列兩種方式進行：

(a) 晚期岩漿礦床 由于殘留岩漿的液态分离作用而原地凝固的，例如基性和超基性岩石中的鈦磁鐵礦呈散礦体，其特点即其中所含的鈦磁鐵礦，多成他形晶体，好像为較早分異出來的矽酸鹽顆粒間的膠結物(圖 4)。这充分說明鈦磁鐵礦的生成時間比矽酸鹽礦物生成的時間为晚，所以屬於晚期岩漿礦床。此外在岩体内除有星散狀礦石外，并常有條帶狀構造的層狀礦体和細脉，这些層狀或致密狀細脉是含鈦磁鐵礦的殘液沿着早已凝固的矽酸鹽岩石中的細小裂隙產生的，这也說明它是晚期岩漿礦床。

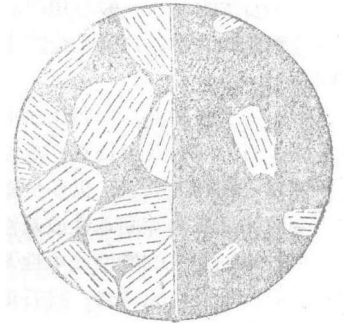


圖 4. 后期分出的鈦磁鐵礦(黑色)夾雜在矽酸鹽礦物顆粒之間(左—在基岩中; 右—在塊狀礦体中)

(b) 晚期岩漿礦床 由于殘留熔漿的液态分离作用注入他区凝固者——由于这种情况下所形成的礦床，是残余含礦岩漿經液态分离作用，而將有用礦物質在动力影响下，被挤压而注入已冷凝或半冷凝的岩漿体部分形成的。由这种方式所成的礦体多呈脈狀或透鏡体，有时在透鏡体中也可看到星散密集的礦石。透鏡体和礦脉与圍岩接触处界限清楚(圖 5)。这种动力一方面由于外部动力作用的挤压，一方面由于内应力的作用，这种内应力系由于残余岩漿中的揮發組份所造成，而揮發組份在当时則保持着液体状态。晚期岩漿礦床的形成，对于圍岩的性質亦具有成因上的联系。例如金屬礦床的鉻鐵礦和鉑礦，多生在超基性



圖 5. 層狀斜長岩中的鉻鐵礦(黑色)(南非)

岩中，鈦鐵礦多生在基性岩中，磁鐵礦和磷灰石多在正長岩中，而磷灰石、霞石和石墨則多在鹼性岩中。從礦物組合的情況來看，本類礦床的礦石和脈石礦物主要是一些造岩礦物，但也有些含礦化劑的礦物如磷灰石、鉻符山石和电气石等。礦體與圍岩的接觸綫界比較明顯。礦體形狀，主要是礦脈和透鏡體，偶有礦瘤和礦巢。

過去有人認為這種呈脈狀或透鏡狀的礦體是由于熱液生成的，也就是說把這類礦床——晚期岩漿礦床認為是岩漿期后的熱液礦床。但經詳細研究，這些礦床的礦物質所充填的裂隙几乎从不越出或很少越出生成它的母岩體的範圍，并且發現有些脈狀鉻鐵礦體被純橄欖岩細脈以及在超基性岩體中起着偉晶岩作用的粗粒岩脈所切穿，而確定此種礦脈的形成時期，仍未超過岩漿階段，所以仍把它歸入岩漿礦床。

岩漿礦床实例

(1) 南非洲金剛石礦床——岩漿分凝礦床

南非原生金剛石礦床是由許多角礫云母橄欖岩岩柱組成的，岩柱總數在250個以上。這些中生代或下新生代的岩柱貫穿古老結晶片岩、花崗岩和各種噴出岩及石炭紀到侏羅紀之卡羅系地層。卡羅系地層是由石炭二疊紀的冰碛岩、頁岩、砂岩、粘土和帶有層狀輝綠岩體的煤系所組成。

岩柱成圓形或橢圓形(圖6)，通常成垂直或急劇的傾斜。岩柱的橫剖面直徑為20—350公尺，多半在30—100公尺之間。形成岩柱的角礫云母橄欖岩是不同程度的蛇紋石化斑狀結構的橄欖岩，其中除含橄欖石外，還含有金雲母、鎂鉛石榴石、頑火輝石、古銅輝石、透輝石、鈦鐵礦、鈣鈦礦、鉻鐵礦、尖晶石和其他礦石。在許多情況下尚含有金剛石和石墨。次生礦物則有蛇紋石、滑石、碳酸鹽類、石髓和蛋白石、沸石等。有些地方的岩柱中含有大量的圍岩碎塊。

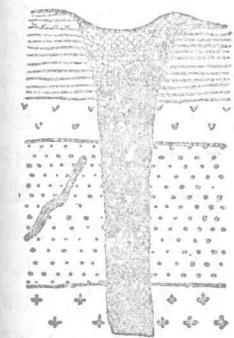


圖6. 角礫云母橄欖岩岩柱的剖面圖
1—橄欖岩；2—石英岩；
3—輝綠杏仁岩；4—黑頁岩；5—角礫云母岩，有圍岩包體；6—藍土；
7—黃土

岩柱成圓形或橢圓形(圖6)，通常成垂直或急劇的傾斜。岩柱的橫剖面直徑為20—350公尺，多半在30—100公尺之間。形成岩柱的角礫云母橄欖岩是不同程度的蛇紋石化斑狀結構的橄欖岩，其中除含橄欖石外，還含有金雲母、鎂鉛石榴石、頑火輝石、古銅輝石、透輝石、鈦鐵礦、鈣鈦礦、鉻鐵礦、尖晶石和其他礦石。在許多情況下尚含有金剛石和石墨。次生礦物則有蛇紋石、滑石、碳酸鹽類、石髓和蛋白石、沸石等。有些地方的岩柱中含有大量的圍岩碎塊。

角礫云母橄欖岩

柱的上部，常分解成為所謂“藍土”，在距地表12—47公尺藍土之上又分解成為“黃土”。黃土與藍土是代表角礫云母橄欖岩風化程度的完全與否；而金剛石則成斑點狀含于角礫云母橄欖岩中，有黃色、無色、綠色、紅色等，結晶常成八面體和其他形狀，晶体直徑由極微至8—10公厘。1906年在南非德蘭士瓦的金剛石礦床內發現了一個巨大八面體的金剛石重3025克拉，約合605克。而部分“藍土”和上部“黃土”是金剛石最富集的地方。

關於金剛石的形成，原有數種假說，但根據礦床產于超基性火成岩中，共生礦物為鈦鐵礦、鉻鐵礦、尖晶石等以及呈自形晶体并呈斑點狀產出，一般認為是由于從形成角礫云母橄欖岩的那種含碳岩漿里結晶出來的。

(2) 加拿大蕭德別里銅鎳礦床——岩漿熔離礦床。

蕭德別里的銅鎳礦床是世界上最大的銅鎳礦床。礦區主要為紫蘇輝長岩所組成，其上部為細粒偉晶岩并在二者之間顯有過渡類型的火成岩。整個火成岩體呈大岩盤的形狀(圖7)長達56公里，寬26公里，厚

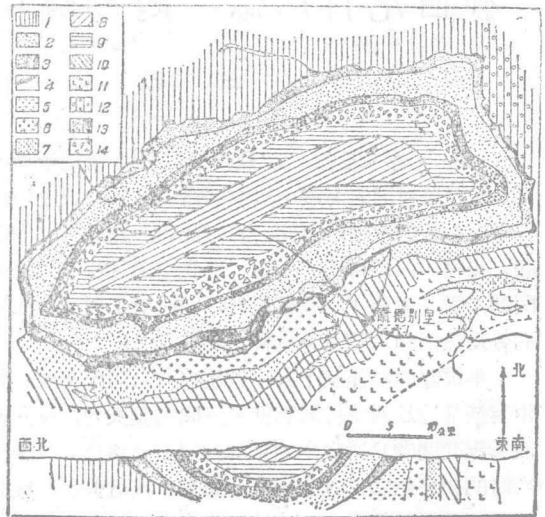


圖7. 蕭德別里礦床地質略圖及其剖面圖

- 1—羅遜系；2—紫蘇輝長岩，上部為細粒偉晶岩；
- 3—橄欖石紫蘇輝長；4—礦脈；5—早期紫蘇輝長岩；6—花崗岩；7—角閃岩等；8—赫爾姆斯佛德砂岩；9—昂維丁頁岩；10—硬砂岩；11—石英岩；
- 12—羅遜岩層及綠岩層；13—礫岩；14—凝灰岩；

為數百公尺。岩盤下部由中侏羅紀的蕭德別里系之硬砂岩、砂岩、石英岩、角礫頁岩所組成。在紫蘇輝長岩岩盤中有較新的花崗岩脈的存在。礦體呈很大的透鏡體，位于岩盤最下層，而介于紫蘇輝長岩岩盤與蕭德別里層之間，并有硫化物礦脈的分支切割岩盤。礦石

大部为硫化礦物，主要有磁黃鐵礦、綠黃鐵礦，有时有針硫銀礦、紅硫銀礦、輝砷鈷礦、輝銅礦、閃鋅礦、綠泥石、輝石等。礦石中含銀4.44%、銅1.56%、鉛0.4克/噸。此外，鈹的含量也很大。

礦床成因，一般認為在岩漿溫度不低於1500°C時，基性矽酸鹽岩漿內的金屬硫化物，在某種程度內可以溶解於基性矽酸鹽岩漿中，當岩漿溫度下降至一定限度時，矽酸鹽岩漿與硫化物岩漿發生溶離分異作用即行分開。分離後的硫化物熔漿，因重力關係而產生在蘇長岩底部，形成硫化物礦體。同時由於硫化物結晶較晚，可以注入破碎帶形成切割岩盤的細脈，以及具有角礫狀的礦體。

(3) 中國熱河大廟區的鈷鈦鐵礦床——晚期岩漿礦床

熱河大廟區鐵礦床可分為大廟、黑山、鐵馬士溝和二道河子四區。大廟位於灤平之北，承德北北西三十餘公里。大廟之南即為二道河子礦區。二道河子之

南是黑山區鐵礦。黑山鐵礦區之西就是鐵馬士溝礦區。這四個礦區特征如下：礦體一般呈板狀或豆莢狀（凸鏡狀），大小不等，最大者長六百公尺，厚度約二十至三十公尺，常呈平行排列，方向與圍岩的片麻構造相同，產於片麻輝長岩的邊緣或兩種成分稍異的片麻輝長岩的交接帶。輝長岩的成分有相當的變化，或偏酸性或偏基性，一般含有不定量的磁鐵礦、鈦鐵礦和磷灰石，有時含有金紅石和黃鐵礦。輝長岩常呈明顯的綠泥石化。含磁鐵礦和鈦鐵礦多時，常漸變為大小不等的磁鐵礦礦體，但圍岩與礦體間一般有比較清晰的界限。礦體中磁鐵礦成交代長石及鐵矽礦物的現象。礦體一部分系就地分異作用的結果，一部分可能由造成輝長岩類的基性岩漿的殘余岩漿分異作用異地凝固而成。礦石除含鈦外，並證明含有少量的鈷，而鈷質多生於磁鐵礦中。在顯微鏡下觀察，鈦鐵礦多沿磁鐵礦的解理(111)生長，而現格狀結構。這類礦床的組份複雜，應看成鈷、鈦和鐵三種元素的資源。

和西尼村同志一起考察地質的雜感

陳國達

1956年春末夏初，蘇聯科學院大地構造學專家B. M. 西尼村同志考察中國南部諸省地質。我應中國科學院地質研究所的邀請，參與此行。在野外工作期間，得機向西尼村同志學習，除在中國區域大地構造問題方面，獲得了一些啟發外，同時對於西尼村同志的勞動熱情和國際主義精神，至感欽佩。

本篇雜感，僅就個人在旅途中所見情況寫成。其中有些部分是西尼村同志就某一問題發表的，或回答我所詢問問題時所表示的見解。這些見解也許只是他當時的初步想法，過後可能會修改，或者甚至已經修改了。凡未經他本人正式發表的意見，都不可作為定論。其次，本文未經西尼村同志閱過，關於他的見解部分，因野外筆記潦草，內容未必完全符合他本人所說，如有錯誤，應由作者負責。此外，我們雖然在野外一起工作，但對同一問題的看法，不一定相同。我在本文中引述西尼村同志的見解，並不等於對這些見解都贊同或完全贊同。

一、工作方法符合辯證

唯物主義原則

西尼村同志給我的良好印象，包括許多方面。首

先，我覺得他的工作方法，是高度的遵循辯證唯物主義原則的。他的見解，必以一定的事實作根據，既不孤立地看問題，也不教條地把理論到處硬套。下面所舉的一些事實，便是例子：

(1) 在廣州附近，自白雲山向東展布至聯和市銅潭潭瀑布一帶的一種具片麻狀構造的花崗岩，從前我們認為它是該處大片花崗岩侵入體的邊緣相，又有人把它叫做“流狀花崗岩”，時代屬中生代。後來，有人從薄片研究結果，主張它是太古界的片麻岩。這一具有顯著分歧的爭論，一直沒有得到解決。西尼村同志在該處工作時，一面觀察岩石性質，一面注意它的周圍環境及構造變動情況。最後才以肯定的語句，表示意見。他認為這岩石乃是中生代花崗岩化時的原岩殘留物。他說，假如認為它是太古界片麻岩的意見是對的話，那末這岩石應該受過許多變動，可是這種變動的構造證據，一點沒有。他的意思顯然是說，單憑薄片鑑定而不聯繫岩石的環境及其所受的構造變動，以進行全面的考慮，那是不能解決問題的。為了慎重起見，他建議打几塊新鮮標本，寄送蘇聯科學院列寧格勒分院作放射性測定，以解決岩石的時代問題。

2. 發育於四川盆地東部，由上二疊紀至侏羅白堊紀地層所構成的一列列的梳狀褶皺，是人們早以注意到的。西尼村同志認為，這些翼急而峯尖的背斜層，乃是由于下面隱伏的大斷裂活動而生成的。固然，他