

鎢礦廣度和強度研究

王嘉蔭 著

地質出版社

錫礦广度和強度研究

(在北京大学1955—1956学年科学討論会上的發言)

王嘉蔭 著

地質出版社

1957·北京

內 容 提 要

这本小册子是1956年王嘉蔭先生在北京大学“五四”科学討論会上提出的論文。内容主要是介紹金屬礦床广度和强度研究方法。根据作者的意見广度研究可以作預測礦区圖；根据强度研究，可以不靠打鑽和探礦，只憑地質观察來推測礦床的富集情况和价值。这里是用鎢礦作例子談鎢礦广度和强度的研究方法，其他礦床也可用同样方法来作。可供礦床学者和礦区地質工作者参考。

鎢礦广度和强度研究

著 者 王 嘉 蔭

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證出字第050号

發 行 者 新 華 書 店

印 刷 者 地 質 印 刷 厂

北京廣安門內教子胡同甲32号

編輯：陈 良 技術編輯：張華元 校对：金伯瑤

印数(京)1—2,200册 1957年5月北京第1版

开本31"×43¹/₂" 1957年5月第1次印刷

字数36,000字 印張 1⁵/₈ 插頁 2

定价(10)0.30元

目 錄

一、引 論	5
二、鎢礦的广度	6
(一) 鎢礦的地質構造环境	6
(二) 鎢礦的母岩特征	12
(三) 鎢礦的成礦时代	16
(四) 鎢礦的成礦特点	19
三、鎢礦的強度	21
(一) 脉 体	22
(二) 礦脉的構造和結構	24
(三) 脉 石	29
(四) 礦物成分	32
(五) 圍岩蝕变	36
四、結論	44
参考文献	49

一、引 論

在五年前曾提出过礦物的广度和強度問題（科学大众的地质欄），沒有引起國內同道的注意，現在用实际的范例來証明这个問題有研究的必要，是可以解决一些实际問題的。

礦物广度和強度簡單地說，就是礦物的水平分布和垂直分布的研究。那么广度是否可以算为礦物地理呢？当然不是的。除了水平分布外，还有些地质意义，如果單純是地理分布，那就可以算是地理分布了。地理是已知的分布，广度是从已知分布中求出分布的規律。广度的研究，是从地质观点出發，除研究已知的礦物產地的地质条件外，还須要根据已知的条件，去推測未知的地区，有那些地区是可能的產地。这就指出普查找礦的方向。和找礦先决条件很相近，但不同的是帶有地理分布性質，同时也是成礦的規律。

強度的研究是研究礦物在某一地区垂直分布情况，从已知的地区得出礦物強度变化的規律，从而進一步指出开采的方向。礦物強度和找礦标志还不同，找礦标志是根据一些地质現象來判定有礦或无礦，作为探礦方針；而礦物強度研究是指有礦时，礦產在什么位置最丰富，什么位置礦產变得貧乏，什么位置完全沒有礦，或是变成其他礦（如金銅礦脉下部变成白鎢礦的情况），可采的深度如何。这些問題我們在过去和現在都是靠打鑽和探礦來解决的，但是打鑽是很費錢的。如果想不靠打鑽而知道还有沒有礦，是貧礦或是富礦，这就是礦物強度研究的目的。

这种研究方法，也曾試作过几次，觉得也还有效。因此把它提出來，以供参考。当然要談此問題，就不能“言之无

物”，必須有实际資料，必須举出实际的例子。因此，把中國最特征的鎢礦提出來，因为鎢礦在中國最多，產量占世界第一位，不只現在如此，根据广度和強度研究來看，將來也还是如此。

下面就談一下用什么方法來做这种研究。

二、鎢礦的广度

对鎢礦广度來說應該注意下面几項：

- (一) 鎢礦的地質構造环境；
- (二) 鎢礦的母岩特征；
- (三) 鎢礦的成礦时代；
- (四) 鎢礦的成礦特点。

根据以上四点研究可以推出鎢礦的广度。

(一) 鎢礦的地質構造环境

从構造观点來看，鎢礦產生的情况大致有兩点特征：

1. 鎢礦產生在古老岩系中的花崗类岩体或其圍岩中。
2. 鎢礦產生在新旧二种構造綫成直交的交截处，特別是东西構造綫与近于南北構造綫接触的地方。

第一点構造特征可以得到大家公認的，因为鎢礦產区，这样的例子很多。如片麻岩、片岩、板岩，以及花崗岩等構成所謂的“山基”，在这样山基的基礎上，再有花崗岩侵入，是成礦的基本条件。

第二点構造特征，恐怕須要加以解釋。

一般鎢礦都成脉狀。脉的形成，当然必須先有适当的構造，構成節理，然后再有含礦溶液的填充沉積才能構成。但

是形成中國兩千多公里的東西成礦帶，這些被填充的節理和一般節理性質也不相同。這樣廣大面積的侵入岩漿活動，也不可能不與大地構造發生聯系。現在就知道的情況，分為下列三項來加以討論：

1. 南嶺帶；
2. 陰山帶；
3. 世界著名錫礦帶。

1. 南 嶺 帶

南嶺是我國著名錫礦區，也是世界著名錫礦產地。這一帶也都經過詳細的研究，特別是李四光教授對於南嶺區域的構造研究得很詳細，在許多著作中（1）（2）（3）都提到了，因此在這裡不準備對南嶺構造再去多加贅述。但將着重提出，東西帶和新華夏式構造對於南嶺的影響。

東西向的南嶺在地形上很清楚，但在地層褶皺上不是那麼顯明，有人主張南嶺在地質構造上是不存在的，只不過是地理的名字而已。李四光教授指出南嶺的存在和其性質的複雜，先有華夏地槽后有東西向構造，以後又有新華夏的褶皺，因為性質複雜，東西向的構造常被人忽視。

筆者有機會到過南嶺地區，對於李教授指出的複雜構造完全同意。但對錫礦來講，主要影響可能是新的構造，新華夏式構造作用於老的構造綫綜合的結果。新華夏式構造受有東西構造的影響，特別是李教授指出的“截接”（3）方式接觸的地方。

這些構造主要可以分為兩個方向，即北北東或近於正北向構造，加在東西向的構造上。兩個方向構造綫幾乎近於垂直而作用又不止一次，僅就湖南一段，已可見其概略（4）。

反应这些复杂构造性质的是许多带有推动性质的節理(5)。

由于这种相互垂直压力的结果，形成很多侵入体，特别是白垩纪到第三纪，构成许多岩株，成东西向断续分布着。岩株周围就是许多钨矿区。就中国百万分之一的地质图，也可以见到侵入体的性质。可惜很多地方老侵入体与新侵入体，图上未能分开，但是零散分布状态已可清楚地看出，见图1。如果把新老侵入体都分别表示出来，对于钨矿和新侵入体的关系，就更加清楚。

东西向的构造运动到现在并未停止，我们看看中国近代有记载的地震分布就可以知道。从福建沿海经过广东直到云南，也是略成东西向，大体和钨矿分布很近似。最近苏联学者B·Φ·包恩基柯夫斯基把地震分成平行于经度和纬度两大带(6)，也正和钨矿形成的构造环境相类似。地震发生断裂是谁都知道的，这些断裂本身就是成矿的孔道，我们没有方法知道地质史上的地震断裂带的情况，但是可以知道侵入体的情况。也相信在造山运动发生时，不会没有地震的。当然，侵入体和造山运动有密切关系的。

这些断裂和褶皱的地方，可能是花岗岩类岩侵入的地方，也是矿脉填充的地方。由于有先在的构造影响，当然就不是理想的规则，但就大体来看，还是成东西带状分布。

钨矿带比李四光教授所说的南岭带略为宽了些，大约在 22° —— 28° 间，个别地方可能还要更宽些，因为節理的发育永远比褶皱带或断裂带宽些。在这个带是可能有钨矿区域，但不一定全是矿区。

在这一东西成矿带中，不一定到处都有矿，也不一定矿床都相似。但在这一带中如果有老的花岗岩体，再有新的侵入体可能有的机会比较多。矿脉方向也不必都成东西向，南

北向及其他方向如西北东南向都可以，要看兩次或更多次構造运动的应力分布在該区的情况來定。

2. 陰 山 帶

这一帶的構造情况比南嶺清楚的多，有顯著的東西向山脉。但是对这一帶的鎢礦还是注意的不夠，对于鎢礦的报道还不够多，不过有鎢礦是沒有問題的。首先是金耀華先生調查过河北密云的鎢礦，礦脉也成東西向(7)，西至大同一帶云崗砂中也含有鎢礦砂(8)。虽然时代上还不敢肯定，但是有鎢存在是沒有有什么問題的。西至新疆虽然没有看到鎢礦的报告，但是和鎢常常共生的鉬礦却已發現(9)。侵入体本身也成東西向延長。但是否有鎢礦帶呢，据筆者初步意見觉得應該是有。如果考慮到西天山是重要鎢礦產地的話(10)，那么东天山为什么沒有鎢呢？但要看具体的地質条件如何來定。这一帶的最东端延入北朝鮮境內，也是產鎢的地方。

这一帶和南嶺成礦帶有相似的地方，就是有東西向構造，受了南北向構造的影响。这些構造相交的地方，在理論上應該是有礦產生的地方。和南嶺成礦区不同的是東西向構造非常不顯明罢了。

从謝家榮先生的北平西山構造圖來看(11)，西山是受有東西向及南北向兩種造山运动影响，構成一些穹窿構造，也產生了些岩株侵入体。这种南北向的構造运动可能是白堊紀末期(12)，也可能更晚。根据王竹泉研究有太行山向的斷層是最新的斷層，还特別起了名字叫“太行运动”(13)，在井徑發生这样斷層，西山也会受些影响。薊縣北沿長城一帶，在上关西南有由西向东的衝断面，西边也有南北向的衝斷層和破裂帶(14)。由于这些作用，所以侵入体也都構成

样子略近圓形的岩株。

這一帶斷斷續續的可以連到天山，中間地帶也都有類似性質的斷層。如在賀蘭山，根據記載（15），有花崗片麻岩的半橢圓體，形成穹隆構造。這種構造在筆者看來應該是互相垂直的兩個方向壓力的結果，而構造上也確實是如此。據黃汲清先生報告（15）在石炭井以東，構造綫轉為南北，東西向的斷層切斷南北向的斷層。有這種應力發生，當然鄰近地區也不會不受影響。

關於天山的材料，發表的以及最新研究的都很多，可惜我看到材料太少。只就知道的情況，有長達 1200 公里的東西大斷裂（10），有東西這樣大的斷層不可能沒有南北向的破裂。再看看新疆盆地的形成，也不應該只有東西構造而沒有南北構造，更有很多華力西晚期的花崗岩侵入體，形成鉛、鋅、錫、鉍等礦（10）。就華南情況來看，錫、鉍和鎢礦有共生的關係，相信一定也有鎢礦。就岩石性質來考慮也可以得到同樣結果。當然根據的材料太少，也可能有些出入，鎢的存在應該是沒有什麼問題。這一帶中也有很多花崗類岩的岩株，如北京西山的溫泉，周口店、上韋店等處都有白堊紀的岩株，但是並不含有鎢礦。在地質條件來看，這裡沒有露出古老的花崗岩和片麻岩等，和密雲情況不同。

3. 世界著名鎢礦帶

我國是鎢礦最豐富的國家，但其他國家也還有些鎢礦，把鎢礦產地和構造比較起來，就可以看出都是產生在兩種構造帶和互受影響的地方（見圖 2 a, b）。

最有意思的現象是，山脈成東西向的歐亞大陸鎢礦分布也是以東西向為主。山脈以南北向為主的，如南北美洲，鎢

礦分布也是略成南北向。這可能是偶合的，但未常沒有一些道理。

首先看看亞洲情況，我們已知蘇聯境內和蒙古人民共和國交界的一些地方是有鎢礦的，也是成東西分布。“外貝加爾直到現在還是開采鎢礦的主要地區。但由於發現了吉打礦床，開采中心就由東外貝加爾（赤塔省）轉移到布利亞蒙古自治共和國的西外貝加爾。北高加索的鉬鎢綜合礦的狄爾內阿烏茲礦床是三等礦區。必須指出：西伯利亞東北部也是未來有礦產前途的區域。最近該區發現了一些大鎢礦礦床的地点”（16）。除了西伯利亞東北部地區情況不清楚外，其餘各礦區都成東西向的分布，差不多在一條綫上，構成特征的東西帶。

這一帶向西一直到德國老山礦區（17）（ 50°N ， $12^{\circ}13'\text{E}$ ）（Altenberg），產生在片麻岩、片岩中的小花崗岩侵入體內，而大的岩體中卻沒有。再往西接到英國南部的康瓦爾（Cornwall），變成以錫為主的礦區，含有白鎢礦、輝鉍礦等。

沿着東西帶再往西，在美國華盛頓州的鹿園（Deer park，大致為 $47^{\circ}55'\text{N}$ ， $117^{\circ}30'\text{W}$ ）稍為向南錯了一點，也是位於東西帶內，見圖2a。

和陰山帶同緯度的鎢礦見于葡萄牙（17）。

除了東西帶中的鎢礦區外，就是南北向構造帶。這一帶以南北美洲為清楚。北美的好多礦區都在南北帶中，如加里福尼亞的阿大里亞（Atolia， $35^{\circ}25'\text{N}$ ， $117^{\circ}35'\text{W}$ ）及埃紐郡（Inyo County 37°N ， 118°W ）；內渥達的太諾帕（Tanopah， 38°N ， 117°W ）及洪包爾特山（Humbolt Range， $40^{\circ}40'\text{N}$ ， 118°W ），後者是接觸礦床；哥羅拉多（Colorado）的刻里坡爾克里克（Cripple Creek）也差不多在同一經度上。南

美洲阿根廷境內的西拉德卡多瓦 (Sierrade Cardova, 29—33 S, 64°W) 詳細地点未曾查出, 大致在經度 70° 的南北安達斯山中, 这應該算是另外一帶。

亞洲也有这样一帶, 就是在緬甸境內的塔瓦依縣 (Tovoy district, 14°2'N, 98°20'E) 也成南北向的延長, 黑鎢礦生在花崗岩和變質片岩中, 成分複雜和我國南嶺一帶的礦脉有的極相似。云南鎢礦也可能位于這一帶內。

在圖2a上可以看出鎢礦產生的地方, 都有白堊紀或新生代構造綫和老的構造綫几乎近于垂直接触, 特別顯著的是新老構造綫接触的地方。西伯利亞东北部最近已有一些大鎢礦的地点。虽然确实位置我們不知道, 但在圖2a上不难看出可能存在的位置, 可能沿着寒帶圈構成另外一个西帶。但是由于缺少材料和必要的地質參考資料, 尙难指出确实位置。南嶺帶在我國分布甚广, 同緯度的印度境內也應該有, 当待証实。

(二) 鎢礦的母岩特征

在前述广度帶中, 侵入体可能不止一种, 成礦母岩的特征, 也就非常重要了。如果特征非常顯著, 有时候直接由其特征來判断就可以知道有无成礦可能, 这是普查找礦时非常重要的条件。母岩特征應該包括下列几方面:

1. 岩体形狀;
2. 岩石性質;
3. 岩体構造。

1. 岩体形狀

鎢礦母岩的形狀, 大体說來都是不大的侵入体, 常成岩株。当然这些岩株, 有时候不是理想的那样規則。过去报告

对于岩体的詳細研究作得很少，尤其岩株形狀和成礦关系的更少。当然岩株上面侵蝕掉多少，就更不夠注意了。因此現在知道的鎢礦母岩形狀都是一些小侵入体，大致类似岩株罢了。因为岩株体积不太大，所以每个鎢礦礦区也不是很大。整个說起来，这些岩株的分布还是相当規則的。

有的地区岩体尚未完全露出来，它的形狀也就不太知道了。这样对于一个礦区的成礦范围有多大，也不易知道。

岩体究竟是岩株、岩瘤或是岩頂，对于成礦作用的大小深浅都有着密切关系。我們知道有的鎢礦可采的深度很小，有的鎢礦可采的深度到300——400公尺。为什么有这种現象呢，是跟侵入体的形狀、深度有着密切的关系。

侵入岩体被侵蝕掉多少，也是跟着侵入体的形狀來变的。鎢礦是重礦物，不会搬运的很远。如果确定出被蝕去的礦量多少，就可以去推測大致有多少变成了砂礦，指出了找砂礦的方向。

但是侵入体形狀如何确定以及估計侵蝕去了多少，是要靠流層流綫的排列和接触变質的情况來定，这样工作我們还没有作过，当然这种估計是很粗略的。

总之岩体形狀和成礦作用有着密切关系，成礦范围也是靠侵入体的形狀來确定。如果这种关系搞清楚了，在鎢礦成礦区域中，是可以尋找盲脉的。

2. 岩石性質

岩石性質与成礦作用的密切关系是不言而喻的。鎢礦是跟酸性岩共生，这是大家普遍知道的事实。但是酸性岩不是一种，而且也有随地不同的現象。至于为什么不同，現在还没有掌握它的規律。

華南鎢礦一般是和黑云母花崗岩有關係，但是馬振圖等却找到白云母花崗岩構成的鎢礦（18）。宮景光和張瑞錫在廣西東北部看到的又是和花崗閃長岩有關係（19），崑崙關的岩體也是如此（20），廣東潮安興寧間也有類似的事實，同時也有花崗岩，張伯輯等認為與花崗岩有關係，有時也會含有角閃石（21）。這樣對於岩石性質了解不夠時，很難得出正確的找礦方向。

蘇聯赤塔省之舍而洛瓦山鎢礦是和石炭紀的斜長花崗岩、石英閃長岩與黑云母花崗斑岩有關係。最大礦區是吉打區和花崗閃長岩有關係（16）。德國老山區跟花崗岩有關係（22）。

當然一個岩體中間，岩石性質是有變化的，可以有不同的岩石種屬，因此我們對於岩石性質就不能拿一塊岩石來做標準。必須把整個岩體來作單位，看看主體是什麼岩石，作為根據。

圍岩性質也是要考慮的，這方面謝·謝·斯米爾諾夫（22）曾經指出在鉬金帶中主要是各種花崗閃長岩、花崗岩、片麻岩及片岩，在錫鎢帶中多數情況下，是廣泛發育着不同程度變質的砂質頁岩。在華南有些情況下產生在花崗岩中。

根據上述情況，這類礦床母岩特征是酸性岩可以是石英閃長岩、花崗閃長岩、斜長花崗岩和黑云母花崗岩等。在適當地區有這些岩石的侵入體就值得特別注意。同時也富含揮發成分 B、F、 H_2O ，常有偉晶岩異離體及偉晶岩脈。

3. 岩體構造

母岩體的構造直接和成礦作用有關係，這裡所說的構造是指小構造而言。就這些構造中包括岩石的原生構造，及成岩以後的構造。

原生構造就是前面所說的流層和流綫，以及捕房体的排列方向。流層流綫是和節理有關係，同時也是確定岩体形狀的好办法。用原生構造來確定岩体形狀，國內作的還是太少，當然鎢礦區中作的更少了。據我所知道，1943年張文佑、徐煜堅曾作過（20），據此作出了岩体的立體圖，這是很必要的工作。

但是更重要的却是岩体中的節理系統，這個問題比較複雜。一個岩体常常經過多次的造山運動，產生不同節理。確定每一次運動所產生的節理系統，把它們分開是很不容易的，但是很必要。我們常看到在鎢礦區中有的石英脈沒有礦，而相鄰的石英脈就富含鎢礦。如果對於節理系統沒有搞清楚，對於節理發生的順序沒有研究清楚，很容易浪費金錢和人力。

節理系統的研究，李四光教授作過不少工作，一方面從試驗入手（23），一方面實際觀察（24），研究構造和應力的關係。B. B. 別洛烏索夫（25）在這方面也作了很多的研究，特別着重在大的構造方面。這方面研究工作作的很多，不在這裡來多述了。

節理發生各構造時期都有，如何去分辨它們，現在我們作的工作很少。老的節理縫中都已經填充了不同的物質，構成偉晶岩和石英脈等，當然也有成為岩牆的。時代不同，這樣填充的物質可以不同，方向也可以不同，老的總是被新的切割了。根據這些條件，我曾在湖南衡山試作過（26）。鎢礦區中的這樣試作還是很少。

節理一次生成以後，再受應力作用時，可以沿着先成的節理加大或發生移動。這樣使得問題就更加複雜化了。

鎢礦形成常是在圍岩中，這些圍岩有時是花崗岩、片麻岩，有時是變質的砂質頁岩、石英岩等。這些圍岩節理同樣

是重要的，特別是圍岩節理和侵入體中的節理是否一致，或是和那一系列節理一致都是很值得研究的。

我們過去只看錫礦脈的方向，很少注意母岩中的節理，尤其是母岩離開較遠。有時連母岩都未見到。

節理的發育，程度並不是一樣，一個地區中常是一組特別發育，構成主要節理。這種現象在錫礦區域中為常見，例如大庾西華山就是這樣，大致都是互相平行，別的礦區中也有類似的現象。因此研究節理時，特別要注意的是這個區域中的主要節理方向，也常是構成主要礦脈的方向，也是我們找礦的方向。

(三) 錫礦的成礦時代

地球發展是前進的，是旋迴而不是輪迴，這一概念已經為大家所公認。因之，地質歷史上的現象也是旋迴的。成礦作用不過是旋迴中一段，各種礦產都有特征的形成時代。如金礦主要是在前寒武紀形成的，雖其他時代也還有，但比較起來那就是少數了。錫礦也是這樣，有它的特征形成時代，大致說來是白堊紀。但是侏羅紀有沒有，甚至侏羅紀以前有沒有，現在還不知道，第三紀有沒有也不太清楚（27）。

錫礦是和酸性岩漿的侵入有着密切關係，上面已經討論過。但是和錫礦的母岩形成的時代也有關係。現代確定為白堊紀主要是靠接觸關係來定的，沒有經過絕對年齡的測定。白堊紀侵入體可以使侏羅紀地層變質。新的侵入體總會使老的岩層變質，這是沒有問題。但是新的侵入體，可以跟老的任何時代岩石來接觸，這樣時代問題就難以確定了。特別是錫礦母岩的侵入，常是孤伶仃的單獨岩株，彼此不相連接。一個可以侵入到前震旦紀地層中，另一個可以侵入到志留、泥