

礦產是怎樣生成的

布申斯基著



蘇聯科學普及叢書

礦產是怎樣生成的

地質出版社

1955·北京

本書原名“Происхождение полесных ископаемых”，蘇聯地質礦物科學博士布申斯基（Г. И. Бушинский）著。蘇聯國立技術理論書籍出版社（Государственное издательство технико-теоретической литературы）1953年於莫斯科出版。由準立、冰人、學文合譯，地質部編譯出版室張懷素、杜寶毓校。

書號0144

礦產是怎樣生成的

40千字

著者 布 申 斯 基
譯者 準 立 冰 人 學 文
出版者 地 質 出 版 社
北京安定門外六鋪炕

北京市書刊出版業營業登記證出字第0144號

發行者 新 華 書 店
印刷者 中國人民救濟總會北京市分會印刷廠
北京廣安門內教子胡同甲三十二號

印數(京)1—7,500

一九五五年三月北京第一版

定價 0.28元

一九五五年三月第一次印刷

開本31"×43"1/2

17/8印張

目 錄

緒 言	5
一、地殼的構造和組成	7
1. 地球	7
2. 岩漿和熔岩，礦物和岩石	10
3. 地質年代	13
4. 地槽和地台	16
5. 兩類礦床	19
二、岩漿生成的礦產	20
1. 岩漿的化學成分	21
2. 與岩漿有關的金屬礦床的類型	22
3. 岩漿礦床	24
4. 偉晶岩脈和接觸礦床	26
5. 熱液礦脈或金屬礦脈	28
6. 砂礦床	33
三、沉積生成的礦產	36
1. 沉積作用的一般過程	36
2. 氣候潮濕地區中地表和湖泊沼澤生成的礦產	42
3. 氣候乾燥地區中地表和湖泊沼澤生成的礦產	48
4. 海洋生成的礦產	52
結 論	58

緒 言

從很古的時候起，人們就知道了礦產，特別是金屬。例如，開採金屬的工作在我國很早以前就已開始。在西伯利亞、烏拉爾、中亞細亞、特別在阿爾泰山，發現了許多古代的，所謂楚德人時代的金、銀、錫、銅、鋅、汞以及各種寶石的礦坑遺跡。

在古時的俄羅斯，人們在很多地方開採過鐵礦石。在所謂“煉礦場”的古代工場內從鐵礦石中煉取鐵。所以直到今天，在白俄羅斯、烏克蘭仍可見到以“煉礦場”為名的許多居民點。在這些村莊附近時常能找到不大的沼澤鐵礦石的礦體，有時還有礦渣堆，證明這裏是以前熔煉鐵礦石的地方。

在古時的俄羅斯有很多採礦能手——“識礦師”已能識別礦石的外在特徵，即礦石的顏色、光澤、硬度和比重（“重量”）。根據這些特徵找尋靠近地表的金屬礦床。但當時對於蘊藏在深處的礦體，他們還不會找尋。

隨着工業的發展，對於各種金屬的需要也不斷地增長，因此就有必要改進找礦的方法。單知道礦石的外在特徵已經不夠了，還要求我們善於根據各種伴生礦物來找尋礦床，判斷出在那裏可以找到埋在地下深處的礦床，並確定應該到那些區域中去找礦。

當找尋和開採礦產時，以及挖井、開鑿灌溉水道和排水道時，挖土工人發現地球的各個地段是由各種不同的岩石組成的。這些觀察漸漸累積起來，經過學者們綜合，結果創立了地質學。地質學——這是研究地球的科學，其中包括組成

地球的礦物和岩石、地層、礦產和礦產形成的條件以及地球本身的歷史。

在俄國，地質學的創始人是偉大的俄羅斯學者米哈伊爾·瓦西利耶維奇·羅蒙諾索夫（1711—1765）。二百年前羅蒙諾索夫在其有名的“論地層”一書中曾寫過：過去地球並不像我們今天所見到的那樣，在它的歷史中曾經發生了一些巨大的變化。地球上的個別地段，以至整個地區因受到地熱的影響，不止一次地時而下降，為海水淹沒，時而上升，形成高山。同時地殼內部發生斷裂，在出現的裂縫中充填着“濃稠的地球液汁”——各種各樣的金屬和礦物。這樣便形成金屬礦脈。石油、地瀝青和煤，由有機物質分解而形成，而琥珀則由樹脂生成。不過在羅蒙諾索夫時代對俄羅斯的地下寶藏還沒有組織調查。

卡爾賓斯基院士（А.П.Карпинский）（1847—1936）在十九世紀開始了對俄羅斯地下寶藏的系統研究。他在1883—1894年間研究俄羅斯平原和烏拉爾的地質史時，曾擬定了推究地球古時地理情況的方法。卡爾賓斯基的這一方法稱為古地理法，藉此可以最全面地追溯地球已往的地質狀況。例如，即使搜集了片斷的有關海洋和地表沉積物分佈、岩石成分、火山活動以及某一地質時代或某世紀氣候的材料，將它們標在圖上，那麼由此也能獲得對於這一地質時代的地理情況的概念。在這種圖上把那些找到海洋生物殘骸的地方連接成為一個海盆地，並用海岸線把它與那些含陸上動植物殘骸的沉積物的地方在圖中分開。這種圖就稱為古地理圖，即古代地理情況圖。上面必須清楚地勾劃出那些可能有煤、石油、鐵礦、錳礦、鋁礦、石灰岩、白雲岩和其他各種沉積物堆積的地區。

現在，蘇聯地質學家正奏效地應用古地理法找尋埋在地下的各種礦產。

在蘇維埃時代地質研究工作獲得了特別普遍的開展。這點也表現在許多蘇聯地質學家的卓越的著作中，例如：維爾納茨基（В.И.Вернадский）和費爾斯曼（А.Е.Ферсман）關於地球化學的著作；斯米爾諾夫（С.С.Смирнов）和奧勃魯契夫（В.А.Обручев）關於有色金屬礦石的著作；阿爾漢格爾斯基（А.Д.Архангельский）和納利夫金（Д.В.Наливкин）關於鐵、錳和鋁礦的著作；古勃金（И.М.Губкин）關於石油的著作；以及斯傑潘諾夫（П.Н.Степанов）關於煤的著作。蘇聯學者創立了各種礦產的成因理論。在這本小冊子中我們將敘述在何種條件下能够形成礦產以及成礦的科學理論，怎樣幫助我們發現祖國的地下寶藏。

一、地殼的構造和組成

1. 地 球

煤、石油、金屬礦石以及其他許多礦產通常位於地下深處，很少在地表附近。根據現代科學的解釋，所有礦產都是由於起初分散在地球內部的化學元素在一定地點漸漸聚集而成的。那麼，地球究竟是個什麼東西呢？它是由那些化學元素和化合物組成的？這些物質在地球中是怎樣分佈的？使得這些物質在地殼中形成礦床的規律又是怎樣的呢？

爲了要知道地球的構造和組成，往往採用各種各樣的方法，譬如，要鑑定近地表的岩石成分，便要採取岩石標本並

在實驗室中進行分析，也就是確定它是由什麼化學元素組成的。人們依靠鑽孔從4—5公里深的地方採取岩石標本。已經查明，在這種深處遇到的岩石和地表上的岩石相同。但是鑽孔不能從更深的地層中取得岩石標本，因為從地表到地心長達6371公里，而目前最深的鑽孔也不能達到這個距離的千分之一。因此地球深處的組成，祇能用間接的方法確定。例如測量地震波的速度可獲得某些材料。這些地震波能深入地球內部幾千公里。它們通過不同密度岩石時的的速度不同，反應也不一樣。藉地震波的幫助，我們可以“觸摸”地球的深處。學者們利用精密儀器測定地震波的速度和反應並且進行了複雜的計算之後，查明地球各處的組成並不相同，可分地核和幾個外層（圖1）。最外面一層叫做地殼。其厚度在大陸上的各個區域中是由30到80公里，而在海洋窪地則為10到17公里。在這種深度以內的地層由較輕的岩石組成，其平均比重小於3.5；主要由矽和鋁構成，因此稱為矽鋁層。

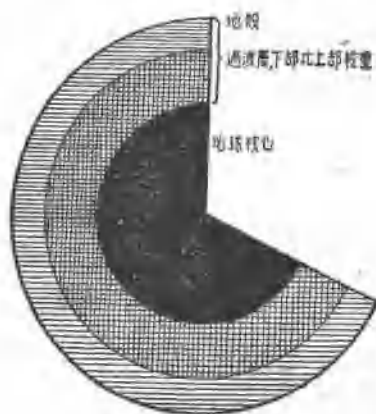


圖1. 地球的内部構造

地殼以下到2900公里深處為過渡層。正如現在闡明的那樣，過渡層大部分為固體，祇有個別地方是熔融體。因此以前對於地殼的概念——地殼是主要由輕岩石組成的地層——就成為有條件的。過渡層由密度中等、比重為3.5—5.0的岩

石組成。它的成分以矽、鎂、鐵為主。在此層下部的物質比上部重。

位於過渡層下面的是地核，其半徑等於3500公里。由比重為8-11的固體物質組成；由此便推想地核是由金屬，主要是由鐵和鎳構成。不過關於地核比重大的原因，近來出現了另一種解釋：認為在高壓作用下甚至輕的物質也能緊結而變成重物質。由此可以推測地核中的物質與地殼相同，不過變得極為緊密罷了。

各種研究的結果證明，在地球內部深度每增加100米，溫度即升高3度。但是這種溫度的增加僅發生在地面以下幾公里以內；再往下增加的速度漸漸變緩，因此在過渡層僅僅在個別地方或岩漿源處呈熔融狀態。從岩漿源中上升並經火山口噴出的熔岩其溫度為1100—1300°。

發現地下出現高溫的真正原因並不久。維爾納茨基院士曾予以說明，在地球內部具有一些放射性化學元素（鈾、釷、鐳）和一種原子量為40的鉀的同位素。這些元素自發地、均衡地不斷分解（放射性分解），同時還放出熱量。雖然它們在地下分佈極少而且很分散，可是它們在地球存在的數百萬年中所放出的熱量已足够使地球強烈變熱，甚至在個別地方還能使地球的物質熔化。由於這種熔化，就逐漸分出各個地層——地殼和過渡層。

根據施密特（О. Ю. Шмидт）院士的學說，我們的行星——地球是由宇宙塵埃凝結而成。這種冷質點的凝結體因放射熱的散發而漸漸變熱，甚至內部某些地方發生熔化。在這些熔融狀的岩漿源中，輕的物質浮在上面，重的則沉到下部。物質進一步分出，形成金屬礦體以及各種各樣的礦物和岩石，這往往是和熱液熔融體侵入地殼有關。

現在我們就來看一下這樣會造成什麼結果。

2. 岩漿和熔岩，礦物和岩石

位於地球深處的火一般的熔融體稱為漿岩。岩漿一字由希臘文翻譯過來，其原意是麵團（тесто）。事實上亦是這樣，富含矽和鋁的岩漿在冷卻時變成黏性麵團狀的東西。但是如果岩漿中含有很多的鐵、鎂或鹼類，那末在凝結以前，它一直呈液態流動而存在。因此這種岩漿能沿着岩石裂縫滲入幾公里的距離。

噴出地表的岩漿冷卻很快，同時逸出大量氣體。經過一段時間後便形成一層硬殼，不過岩漿物質仍繼續沿斜坡向下流動。這樣使上面的硬殼遭到破壞並沉入到熔體中去。結果岩漿中出現了很多固體質點，使岩漿成為粥狀。這種粥狀混合物已經不叫岩漿而叫熔岩。俄文就是粥（каша）的意思。

地殼由各種各樣的礦物組成。礦物就是一些自然的化學化合物，或是一些自然的化學元素（金、鉑、硫、石墨等）。有時礦物成為具有平滑表面的規則晶體出現，然而通常呈大小不一的粒狀，鱗片狀或纖維狀。其中某些礦物用肉眼就能清楚地看出，而另外一些甚至在顯微鏡下也難於識別。自然界中分佈廣泛的礦物有矽酸鹽、硫化物和含氧化合物，貴重金屬便是從這些礦物中採得的。

礦物的性質和形態隨着溫度的變化而改變。例如，氧化矽常呈水晶、石英砂、玉髓、蛋白石、瑪瑙、碧石、燧石和矽藻土（трепел 或 диатомит）等晶體出現，在常溫下無味、無臭，且不溶於水。但是在高溫時，例如在岩漿熔融體中，氧化矽的作用像酸和金屬結合組成穩固的化合物——

矽酸鹽或矽酸鹽礦物，約有四分之三的地殼由各種各樣的矽酸鹽組成。分佈最廣的矽酸鹽類就是長石、角閃石、輝石和雲母。長石的成分中除了矽以外，還有鋁、鈣、鉀和鈉。角閃石、輝石和暗色雲母含有鎂、鐵，有的還含有鈣、鉍和鋁。因含鐵的緣故，這類礦物具有暗綠色或者甚至黑色。角閃石類中有普通角閃石，其外貌正像角狀物體。淺色雲母含有鋁、鉀，有些還含有鎂，有時有鋰。矽酸鹽類中尚有組成黏土的礦物，分佈廣泛的有含水雲母和高嶺土。

金屬與硫的化合物（硫化物）在金屬礦物中具有重大的意義。銅、鉛、鋅、銀、鉍和汞主要是從硫化物礦石中間採出來的。

屬於硫化礦物的有黃銅礦、方鉛礦、閃鋅礦、輝銀礦和輝鉍礦等。所有這些硫化物都呈暗色——灰色，幾乎發黑的褐色，祇有黃銅礦呈黃色。辰砂（硫化汞）以鮮紅的顏色和金剛光澤不同於其他硫化物。分佈最廣的硫化物是硫化鐵即黃鐵礦。

在金屬礦物中除了硫化物以外，金屬氧化物也起着很大的作用。許多鐵礦石（褐鐵礦、赤鐵礦、磁鐵礦）、錳礦石和鋁礦石都屬於這一類。

一種或數種礦物的自然堆積體叫做岩石。岩石就是各種各樣的石頭、砂和黏土。它們或是由粗大的礦物組成，或是由顯微的礦物組成。但這並不是亂七八糟的混合物，而是具有一定規律的礦物質點的結合體（圖 2）。地質學家知道了這些規律性後，往往可以根據礦物成分及其結合的特點來確定岩石的成因，並且指出在該岩石中可以找到那些礦產。

根據成因，岩石分成三種類型：火成岩、沉積岩和變質岩。

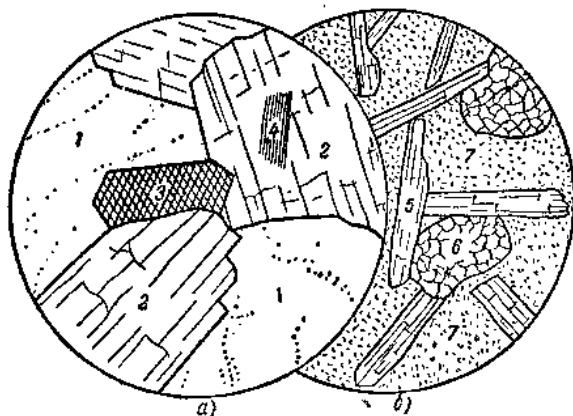


圖2. 顯微鏡下的岩石切片(薄片)

a — 花崗岩: 1—石英, 2—長石, 3—角閃石(普通角閃石)
4 — 雲母; b — 玄武岩: 5—長石, 6—輝石, 7—火山玻璃

每一種類型的岩石都產在特定的條件下。

火成岩 就是冷凝的岩漿或熔岩。屬於這一類的有花崗岩、閃長岩、輝長岩、玄武岩和斑岩。這些岩石在 600° 以上的高溫下生成。

沉積岩 地表上的各種岩石遭到風化或破壞後被水或風帶走，並在陸地上、河流、湖泊和海洋中沉積下來形成沉積岩。最初形成的是一些疏鬆物質，例如礫石、砂、黏土、介殼和石灰質淤泥。後來長期受到變化而成爲堅硬的岩石、礫石變成礫岩，砂變成砂岩或石英岩，黏土變成泥質頁岩，而石灰質淤泥和介殼堆積體成爲石灰岩。沉積岩在溫度低於 100° 的條件下形成，也就是說在生物可能生存的條件下形成。

變質岩 位於地下深處的沉積岩或火成岩在高溫作用下

發生了強烈的變化（變質作用），這樣便形成了變質岩。此時細小的礦物大部分已消失，並由此變成一般用肉眼就能看見的比較粗大的礦物。與此同時也生成新的礦物，例如長石和普通角閃石。除此之外，由於壓力很高，變質岩中的礦物通常成條帶狀，例如條帶狀的結晶片岩和片麻岩。但是火成岩和沉積岩的變化不光是發生在地下深處，當熔漿侵入到其他岩石中並與之接觸時，在地表附近也常會發生變質作用。此時，岩漿中的化學物質由於溫度很高，所以能與岩石相互作用，改變其成分。

岩層和岩層中的礦產不是一下子，而是在長時間中形成的。因此爲了要知道學者們如何確定岩石和礦產的生成，下面我們就介紹一下地質年代。

3. 地質年代

地質學家們以特別的方法來計算地質年代。他們對地層產出的順序作了詳盡的研究。通常在層系的下部是比較老的地層。這種情況祇有當地層層位未遭到破壞，產出得平穩，也沒有倒轉現象時才有可能。然而，即使正確地查明了地層層理的順序，所得到的對地層年代的概念還是相對的，因爲在這種情況之下，僅僅能說上層比下層新。該地層真正的形成時間暫時還不能確定。

但是如果企圖對比在相距數十或數百公里的天然露頭，以及豎井或鑽孔中的地層，那末甚至想確定其相對年代也很困難。而這却是追索含礦層的來龍去脈所不可少的。關於這方面有一些方法。

最重要的一個方法是古生物法。這種方法的根據是：不同地質年代的岩石內有各種不同的動植物殘骸。上面已經指

出，每一個上面的層系所含的動植物殘骸要比下面層系所含的進化了一步和複雜一些。因而根據生物殘體的化石可以確定地層的地質年代，這個結論已在實踐中得到證明，因此古生物法在地質學中獲得了廣泛應用。地質學家們利用這一方法把地球歷史分爲以下各紀：寒武紀、志留紀、泥盆紀、石炭紀、二疊紀、三疊紀、侏羅紀、白堊紀、第三紀和第四紀（見下表）。紀的名稱按由老到新的次序排列。

地質年代表

代	紀	延續時間 (以百萬年計算)	生 物
新 生 代	第 四 紀	1	出現人類
	第 三 紀	69	
中 生 代	白 堊 紀	45	在陸地上和海洋中生物繼續繁殖
	侏 羅 紀	40	
	三 疊 紀	35	
	二 疊 紀	40	
古 生 代	石 炭 紀	50	在陸地上動物界開始繁殖
	泥 盆 紀	50	在陸地上植物界開始繁殖
	志 留 紀	119	在陸地上出現生物
	寒 武 紀	80	
前武 舉紀	元 古 代	2000	生物在海洋中開始繁殖
	太 古 代		在海洋中出現生物
地質時期以前的地球歷史			

把不含生物殘體①的最古老的地層列爲一個特別組，總稱爲前寒武紀。

但是古生物法也是相對的；用這種方法還不能正確的說什麼時候，多少年以前曾經有過某個地質時代。

在放射性元素鈾、釷和釷發現之後創立了確定地質年代的新方法。放射性分解進行得很均勻，既不受溫度和壓力的影響，也不受地殼內化學作用的影響。由於鈾和釷的放射性分解的結果，終於形成了非放射性的化學元素——鉛和氦。已經計算出，在65,000,000年中鈾僅分解出其原始數量的百分之一，如果再分解百分之一，那又需65,000,000年。因此在含鈾礦物中鉛愈多，礦物的年代就愈古。

所以含鈾礦物可以看作為特殊的地質時鐘、它在億萬年中均勻而不息地走着。爲了要根據這個“時鐘”計算自該礦物形成的時候起經過了多少年，必須測定其中鈾、鉛和氦的含量。根據含鈾礦物中這些元素的比例，可以計算出這些礦物和礦物所處的岩層已經形成了多少年。利用這樣的方法確定了在上頁表中所列舉的地質年代的延續時間。

學者們用這種方法計算了在地球上各個地方所找到的礦物的年代。在加拿大曼尼托巴（Манитоба）地方曾找到了最古老的礦物，其年齡已確定爲2,211,000,000年。在蘇聯北卡累列阿（Северная Карелия）也發現最古老的礦物，其年齡爲1,720,000,000年。烏克蘭查波羅什的偉晶岩脈較爲年輕，它們的年齡爲1,460,000,000年。比較更年輕的是磁山的礦物，其年齡爲240,000,000年。

就是這個含有地質年代已經確定的礦物的最古老岩石，是在較古老的岩石中最古老的一個，其年齡約在2,500,000,000—3,000,000,000年左右。因而，生成最古老岩石的那個

①在進一步研究時，在前寒武紀上部地層中也曾找到數量極少的生物殘骸，其中也有最簡單的生物，即灰質藻類和單細胞動物。

時期就假定的算作地球地質歷史的開始時期。

那末，可不可以說最老岩石的年齡就是地球或地殼的年齡呢？顯然是不可以的。因為，毫無疑問，地球和地殼是在最老岩石形成以前早已存在的。

地球上生物的出現和發育大大影響了很多礦產，特別是煤和石油的形成過程。在12頁表中已經指出地球上動植物界的出現和開始繁殖的時期。煤和石油等礦產的形成與地球上的生物有關。這一點我們將在有關沉積礦產的一節中作詳細敘述。在這裡需要指出地球上第一批生物的出現時間尚未清楚，僅僅知道大約在一億年前在海洋中已有生物，但其生成的時期可能還會更早些。

在地殼發展的很長時期中，地殼分出了活動地段——所謂地槽和穩定地段——地台。礦產在這些地段上的形成方式各不相同。下面將簡括地介紹一下地槽和地台的特點。

4. 地槽和地台

研究地史學（關於地球發展歷史的科學）的結果確定地殼各處的穩定性極為懸殊，某些地方地殼很穩定，在長久的地質年代中升降不大；而在另一些地方則發生了巨大的升降運動。譬如，地殼時而下降到海洋深處；時而又揉折成褶皺，並向上聳起，形成山脈。當然這些上升和下降是進行得極其緩慢的，往往延續到幾千年，甚至幾百萬年。

地殼上穩定的地區稱為地台，活動的地區稱為地槽。當我們看到喀爾巴阡、高加索和中亞細亞南部各山區時會想到：這裡的地形有史以來便是如此。然而在這些山上，甚至在最高的峯頂上可以找到絕滅了的軟體動物的貝殼、海膽、海百合、珊瑚和其他許多海洋動物的殘骸。所有這些生物殘