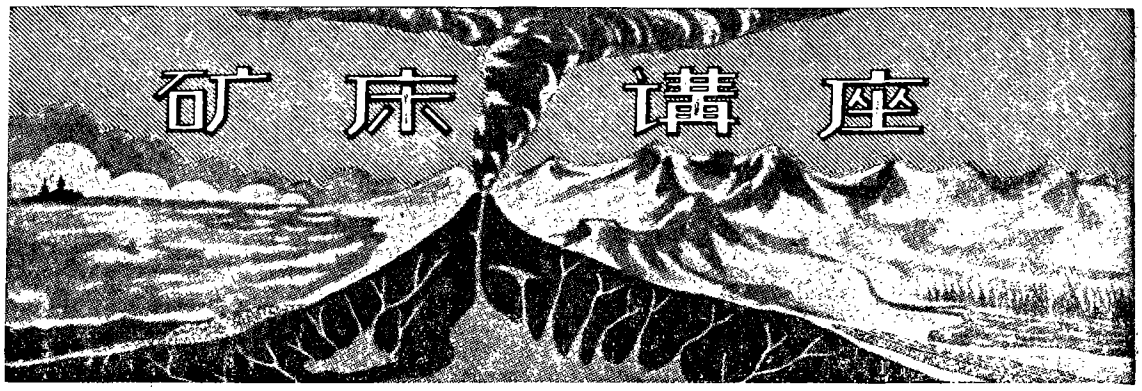


汪 龍 文

第十講 外生礦床（三）

2. 沉積礦床

前面已經講过，在外生环境中，通过沉積作用而形成的有用礦物的集合体叫做沉積礦床。各种沉積作用的性質不同，有的是由于搬运工具的能力減弱，而將被搬运的物質按經重大小分別沉積下來，这就称为机械沉積作用，可形成机械沉積礦床。有的是通过各种化学变化，使溶解在水里面或是形成膠体溶液的物質沉積下來，則称为化学沉積作用，可以形成化学沉積礦床。有时被搬运物質的發生沉積，既有化学变化还有生物的作用，則称为生物化学沉積作用，也可形成生物化学沉積礦床。因此我們可以根据形成方式將沉積礦床分为机械沉積、化学沉積及生物化学沉積三类，不过要想造成这些礦床，也还有一些必要的条件，現在就分別的來談談。

1. 形成沉積礦床的一些条件

（1）絕大部分沉積礦床是在地表水体中形成的

沉積作用在水、風和冰的搬运过程中都可以發生，但由于冰川的搬运作用，只限于地球上的某些局部地区，而且对于被搬运的物質又不能按照不同的性質加以分选，因此就很难使有用成分集中，也就很少能形成礦床。風的搬运作用范圍虽然較广，对被搬运物質的分选性也較强，但是風的搬运能力和条件畢竟是有限制的，因而也难使有用成分大量集中形成礦床。只有水的搬运作用范圍既广，規模也大，而且作用的進行是比較長期和穩定的，因此就容易使被搬运的物質通过不同的分異作用而分別的大量集中起來，形成各式各样的沉積礦床，所以在談沉積礦床的形成和分类时，大都是指的在地表水体（河、湖、海等）中所進行的有用物質或元素的堆積，这是首先要說明的。

（2）形成沉積礦床的物質來源和地理位置的关系

我們都已知道風化作用的產物是沉積礦床的主要物質來源，而風化作用的对象則是地表岩石。因此地表岩石的成分就和沉積礦床的形成有着一定的关系了。像基性岩石，通常可以是氧化鋁、鉄、鈦、銅、釩、錳及鈷的來源，而酸性岩石則常为鉛、鋅及一些稀有元素与少量鉄及鋁的來源。这种关系还多少是帶有区域性的，因为在地表水体中所進行的搬运和沉積作用，可以說是有区域限制的，比如說珠江在中國的南方，珠江的水里面所搬运的物質，必然是从珠江所流經的地区中的岩石風化下來的，而黃河在中國的北方，它所搬运的物質也就限于中國北部它的流域內所出露的岩石中的風化產物。珠江流域的風化物質不会被黃河所搬运，同样的黃河流域的風化產物也不会被珠江所搬运，因而它們所造成的沉積也是彼此无关的。再比如洞庭湖是長江水系中的一个湖泊，而且是靠近下游的，假如發現在湖中沉積有某种礦產时，那么組成它的有用成分，无疑的是从長江水系的上游搬运來的，也就是上游区內的岩石中供应了这些成分。这种現象如果在一条較小的河流中將更为明顯，因为小河的流域面積小，搬运距离短，搬运能力低，因此小河沿岸的沉積物，必然就是从附近地区的岩石中風化下來的。根据这些情况我們可以進一步說，在地球表面各水体中所形成的沉積礦床和各水体流域內的岩石成分有关，水体的范圍愈小，这种关系就愈为明顯。

这里需要說明的是，在海盆中形成的沉積礦床和盆地周圍地区內的岩石成分的关系又受到元素的地球化学活动性的影响，因为地球化学活动性强的元素，也就是容易引起各种变化而被搬运的元素，它們被搬运的数量常是較大的，而迁移的距离一般也較远，因此即使在海盆附近地区的岩石中不能大量供应这些成

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

分时，但只要其他条件适宜，仍能在海盆中形成它們的沉積礦床（如鉀、鈉、鈣、鎂的氯化物、硫酸鹽或碳酸鹽等），所以对于这些礦床來講，附近地区的岩石成分和成礦的关系就比較小了。但对于地球化学活动性弱的元素，也就是不容易起变化而被搬运的元素，則附近地区內的岩石中是否能大量供应这些成分仍为能否形成它們的沉積礦床的必要条件，而对于克拉克含量低的元素，这种关系就更为重要了。

形成沉積礦床的物質來源，除了地表岩石的風化產物外，最近越來越多的研究者，提出了海底火山噴發物質也为重要的來源之一。他們的根据是，有些不易被破坏和搬运以及在海水中含量很低的元素，也能在海成沉積層中形成厚大的堆積。例如矽質岩（蛋白岩）的形成以及一些厚大錳礦床的堆積和磷礦中常含有氟的現象等，因此認为它們的物質來源可能是海底火山噴發作用所供应的。

（3）生物和沉積礦床的关系

有些沉積礦床并不是直接由岩石的風化產物經搬运沉積等作用而形成的，例如磷塊岩和各种生物成因的石灰岩，像三叶虫石灰岩、紡錘虫石灰岩、珊瑚石灰岩、海綿石灰岩等。这些礦床是由海水中大量繁殖的各种生物在死亡后沉落海底并經过一系列的变化才造成的，因此它們的形成似乎与風化產物及地表水系的搬运作用无关；但是海水中大量生物的生存和繁殖，仍和海水中所含的各种礦物質有密切的关系，而这些礦物質的絕大部分当然还是从陸地上的岩石中搬运來的；并且这些生物的遺体最后还須經过沉積作用才能在海底聚集并进一步形成礦床，因此它們仍屬于沉積礦床的一类。不过有关这一类礦床的形成情况，在目前的地質界中还存在着一些不同的看法而沒有最后一致的結論。

另一些由生物造成的沉積礦床，像煤和石油等，即現在礦床学中通称的可燃性有机岩，有关它們的成因和分类举例等，將在下一講中再談，这里就不介紹了。

生物除了直接作为沉積礦床的物質來源以外，还有一些其他的影响，特别是在水中生活的大量不同的細菌，它們会对某些沉積礦床的形成起相当大的作用，比如說有的細菌可以从溶液中吸取磷，在它們死亡后，又可通过其他的变化而將磷沉積下來，有的細菌可从重碳酸鉄溶液中吸取CO_2而使氫氧化鉄沉淀，有的細菌又可从含鉄溶液中直接使鉄沉淀，有的細菌喜欢生活在无氧的地帶，有的細菌則喜欢生活在含硫多的水中，它們的作用当然也就不同，諸如此类的事例很多，說明生物对于沉積礦床的形成的影响是很为重要的。

（4）地表地势和地壳运动性質的影响

地表地势將首先取决于区域地壳运动的性質，在活动地帶，如果上升运动很激烈，无疑的風化侵蝕作用也一定要强烈些。这当然就会造成陡峻的地势，而地势的陡峻又使水的搬运和剝蝕能力加强了。这些因素反复作用的結果，地表就被切割的很厉害，当然也就形成了大量的風化產物，而这些物質都有可能被搬运到低凹的盆地中去；但是由于在大量的風化碎屑物質中，包含了多种多样的有用或无用組份，混雜在一起，当它們同时被运進盆地时，就无法通过分異作用而使有用組份集中，因而風化產物虽然很丰富，但却不易形成沉積礦床。另一方面，也沒有足够的时間使各种化学变化澈底的進行，这对于化学風化和沉積作用來講，就成了一个不利的因素。相反的，如果在地势比較平緩也就是地壳运动不很激烈的地区，虽然風化產物不一定很多，可是各种作用特别是化学風化及搬运过程中的分異作用，都將進行得很澈底，而且也有足够的时間和穩定的环境使运進盆地的物質進行沉積，因此反而比較容易形成沉積礦床。这种情况可以从下述事实得到証明，鉄、錳、鋁、磷、有机岩、各种碳酸鹽以及含鹵素礦物大都不在被强烈割切和碎屑物質激烈移动的地区，而在具有平緩的地势以及碎屑物質較少的地区進行堆積。

至于在不同的大地構造單位內，不但对于不同的沉積礦床將会發生不同的影响，就是对于同一种礦床來講，影响也会是不同的，因为地壳的活动地帶（地槽）和穩定地帶（陸台）有着不同的环境和發展歷史，因此它們所形成的沉積礦床就必然的具有相異的性質，例如在陸台区和地槽区所形成的煤礦，无論在煤層層数及厚度和穩定情况方面，都是有明顯的区别的。

此外，在詳細的分析了某些沉積礦床在地史时期中的分布以及和岩層之間的关系后，發現了一些重要的規律。这就是不同的沉積礦床，在地史时期中有着不同的成礦时代，而且有些地史时期几乎沒有沉積礦床生成，有些时期却可形成大量而普遍的沉積礦床。这种情况在我國也有不少的实例，例如二疊紀和侏罗紀，这兩个成煤时期所形成的煤礦几乎遍布了全中國，華北的震旦紀宣龍式鉄礦和華中南泥盆紀的宁鄉式鉄礦，分布面積也相当寬广，并且都是在海進期間沉積的，層位都很穩定，此外如沉積的錳礦、磷礦、石油、岩鹽和石膏礦等，也都有一定的成礦时代和分布范圍。这就說明了不同的沉積礦床和不同的地史时期以及沉積岩相間有着某种成因上的关系。不过需要指出的是，沉積礦床的形成与地史中的大的構造階段

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

的关系較少，主要的是不同的沉積礦床与一些范圍較小、时間較短的地壳升降运动有着較为密切的連系，也就是說在地壳由于升降运动而引起的部分地区的海進、海退中可以形成不同的沉積礦床，根据 H.M. 斯特拉霍夫院士的研究，这种关系如下圖所示：

（5）气候的影响

气候对于形成沉積礦床的影响，可以說是多方面的，在具体情况改变的时候，对机械沉積和化学沉積作用等將会產生不同的結果，在礦床講座第八講中已分別介紹过溫度的高低和雨量的多少对于物理或化学風化作用所造成的影响，这种影响还直接牽連到各种沉積作用的進行和結果，在这里就不需要多講了，但要着重說明的是，如果气候是干燥而炎热的，則对于某些化学沉積礦床，特別是鉀、鈉、鈣、鎂的氯化物、硫酸鹽等礦物的堆積，將会產生極为重要的作用，因为在干燥而炎热的环境中，必然是水的蒸發量超过降雨量，因而水溶液里的溶解物質的濃度將会一天天的增高，最后当达到过飽和狀态时，就能分別的形成上述各种礦物的沉積，因此对于这些礦床的形成來講，气候的影响是更較明顯的。

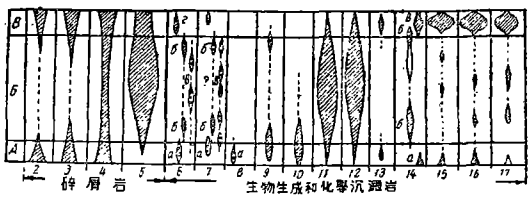


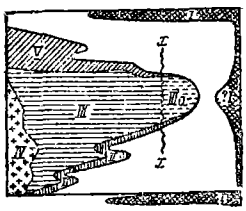
圖 1．沉積旋迴的各个階段的沉積岩的分布

（6）水質的影响

地表水具有不同的性質，这是大家都知道的，例如水有酸性有鹼性，而酸性和鹼性的水能对礦物的溶解和沉淀引起不同的影响。水里还会含有各种气体，如 O_2、CO_2及H_2S 等，这些气体的种类和数量的多少也能对礦物的溶解和沉淀起不同的作用。此外我們还知道，在海水和某些湖水中是富含鹽份的，鹽类可以分解成帶正負不同电荷的質点，当陸地上运來的各种膠体溶液（如鉄或鋁的膠体溶液等）進入这类水盆地时，由于电荷的不同，彼此就可引起一系列的变化而使膠体溶液凝結形成凝膠并沉淀下來。这种沉淀作用的進行速度比在淡水里快得多，这是因为淡水里不含或很少含电解質的緣故，比如細小的氧化鋁質点在淡水中沉淀下來需要几个月的时間，而在鹹水中只要30分鐘就够了。另一方面，不同的膠体溶液之間，也可因电荷符号的相反而發生凝結現象，但是也有一种膠体保护另一种膠体使之趋向穩定而不容易發生沉淀的事实，如天然膠体中的腐植質酸可以保护含水氧化鉄的膠体溶液，不过在这种情况下，腐植質酸的含量必須适中，过多或过少都將促使氧化鉄的沉淀，也就不起保护作用了。

（7）吸附現象

吸附現象对于膠体溶液的沉淀是有着相当大的作用的，因此需要特別提一下。我們都知道膠体溶液的質点是非常小的（直徑为10^{-5}—10^{-7}厘米），但是每个質点的体積愈小，所有質点的表面積的总和就愈大，因此在它們表面上就能吸附相当多的帶有和它們自己不同电荷的其他物質。由于这一作用的結果，促使了沉淀的進行。更有意义的是，在被吸附的物質中，也可因有用成分的集中而具有实际利用的价值，如高嶺土对硫酸銅溶液中銅的吸附能形成銅礦床，再像綠高嶺石对鎳的吸附可形成鎳礦床等。



以上所談的就是影响沉積礦床生成的一些条件，当然条件很多，在这里不可能完全提到，但是总括起來講，沉積礦床既是在地表水体中通过沉積作用而形成的，在沉積过程中，又必須經过机械或化学分異作用，才能使有用成分在不同的情况下集中，否則就不能形成礦床，因此所有的条件都必然是促使沉積分異作用進行的因素，不过每一种因素影响的大小，則將視具体环境的不同而改变，所以需要進行綜合的分析和研究，才能对某一种沉積礦床的形成和分布，得到全面的了解，如果單从某一方面或个別的現象來看这一問題，就將得不到正确的結論了。

2. 沉積礦床的分类

（1）机械沉積礦床　机械沉積礦床最重要的代表就是河流所形成的冲積沙礦床。河流非但搬运能力强（相对的比較），而且其搬运方向固定，搬运作用又是連續進行的，特別是在河流流过的地区中，能够因風化侵蝕作用的結果，而供应大量的碎屑物質，因此使河水中攜帶了各种各样的礦物顆粒，当水流能力降低时，就能因机械分異而將它們按輕重大小分別沉積下來，使有用組份集中而成礦床，所以河流的沿岸及河底是冲積沙礦床形成的最好的場所。这种类型的礦床非但分布比較普遍，而且实用价值也較大，另外还因为我們常可利用这类礦床作为一条綫索找到原生的礦体，所以它的意义就更大了。这些原因就使得冲積沙礦床成为机械沉積礦床的最重要的代表。此外在水盆（湖、海）的边緣，有时也可因波浪的冲击、搬运及分选等作用而形成一些沙礦，不过就实用价值來

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

礦，常不及河成冲積沙礦床重要。現在就來談談河成冲積沙礦的形成和举例。

A. 冲積沙礦的形成

在春夏河水上漲的时候，就是所謂"山洪"暴發的时候，我們会看見平时即使是很清的河水，这时也变成混濁的了，为什么会这样呢？是因为这时水量大了，水的冲刷和搬运能力强了，因此能把沿途的泥沙帶走，水里面充滿了泥沙，自然而然的会使清水也变混了，这是說的水在流动时的情况。假使我們用水缸裝起一缸这样的混水，过了一段时間后，会發覚缸中的水，大部分又变成很清澈的，只是在缸底多了一層顆粒大小不等的泥沙，說明原來混在水中的东西現在沉積到缸底來了，这又是什么道理呢？原因就在于流动的水具有动能。这种动能能促使水挟帶着比水重得多的礦物顆粒，奔騰前進。动能的大小和水的量及水流的速度成正比。水量越大速度越快，动能也越大，因此在洪水季節，河水就能攜帶更多更大的顆粒前進。但是动能既有大的时候，也就必然有小的时候。动能小的时候就是水流慢、水量小的时候。当河流在山区流动时，因为地面坡度大，所以水流速度也大，因而具有了較大的动能，但等到流入平原时，地面坡度減小了，水流速度也就減慢，动能也必然跟着減小。同样的在枯水季節，水量少了动能当然也小，因此在这些时候，水的搬运能力就降低了，原來能被水帶动的顆粒，这时就无力帶动，正如前面所說的缸中的水的情况，由于水裝進了水缸，完全靜止不流动了，因而也就沒有了动能，所以水里面挟帶的泥沙，在地心吸力的作用下就只有向缸底沉積的一条路可走。不过在河中流动的水，不会像裝進水缸中的水那样，从流动很快一下子变成靜止不动，因而使动能从很大馬上变成零，致使挟帶的泥沙不管顆粒大小都一起沉向缸底。在河中的水，即使因为受到外界的影响，但它的流动速度和动能总是慢慢減低的，因此就能对被它所攜帶的物質，進行分选，按輕重大小分别处理，所以就容易使具有同样或相仿的比重的礦物顆粒集中沉積，形成了冲積沙礦。

在河水流速突然減慢或是遇到阻碍时，也能造成同样的結果，例如当我們沿着小河走去的时候，会看到凡是河道弯曲的地方，它的凸岸边就一定有沙礫堆積，而凹岸边却沒有。这是因为河中的水在凸岸边流动得慢，动能也小，因此在这里就会把搬运着的物質沉積下來，而凹岸边的水，則流动得快，具有着較大的动能，仍能繼續將被搬运的物質攜帶前進，所以沒有沉積。再譬如在河床由狹突然变寬的时候，水流的速度也必然由快突然变慢，这是因为通常在河床較狹的地方（如峽谷），坡度一定較陡，水流的快，而河床突然变寬的时候，就是說河流已經進入了地形平緩的地区，流速当然也就減低了，因此在靠近这类轉变地点的下游一帶，就会有大量沉積物形成。此外如在支流和主流匯合的地点，支流中的水受到主流中的河水的阻擋，流速也將降低，于是它所攜帶的物質，就不得不在兩条河流匯合地点的附近，逐漸沉積下來。在河底高低突然变化或是河底有凸出的岩石阻擋的地方（最好其延長方向和河流流向相垂直），也会因水流速度的暫时降低而形成一些沉積。所有这些現象都說明，凡是在水流速度变慢的时候，因为动能減小，都会有沉積物的生成，但須指出的是，由于这些情况都只是流水速度的突然的或局部的降低，而并非完全的靜止，因此动能的減低也并不太大，所以一般只有体積較大或是比重較大的礦物顆粒，才能够很快的沉積下來，而顆粒小比重輕的物質，則仍將繼續前進。由于这些原因，就会在河流沿岸及河底形成冲積層，假使上游能够因崩解作用而供应大量有用礦物的顆粒时，那就有机会形成冲積沙礦了（圖2）。此外，組成冲積沙礦的既都是一些比重較大的礦物，因此就常常沉落到冲積層的底部靠近底岩的地方，所以这里也就成了尋找冲積沙礦的最好的地点。至于容易形成冲積沙礦的礦物，通常有自然金、自然鉑、錫石、鎢錳鉄礦、鎢酸鈣礦、磁鉄礦、鉻鉄礦、鈦鉄礦、辰砂、金剛石、石英、鋯英石、独居石、黃晶等。

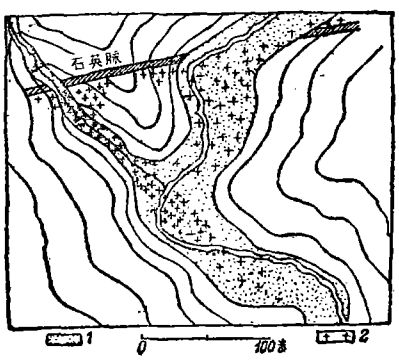


圖2. 冲積砂礦分布圖（根据林格崙）

以上所談的是形成冲積沙礦的一般情况，假使这种沙礦是形成在現代河谷中，那就称为現代河成冲積沙礦，如果它是生成在过去的古河道中，而这些河道又因地壳上升运动的結果，升高到現在河水面以上时，就造成了階地，因而这种礦床就称为階地沙礦床。

B. 冲積沙礦举例

在湘桂交界处之富、賀、鍾、江四縣境內，有長达50公里的沙錫礦帶，大体上位于由泥盆紀前变質岩系及泥盆紀和下石炭紀地層所組成的狹窄向斜中，上复侏罗紀煤系及第三紀紅色岩系，附近并有花崗岩侵入，区內構造較为复雜，广泛形成褶曲及断層，在山

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

坡及河谷兩側均有上新統的紅土及礫石層形成階地，中含錫石顆粒，構成階地沙礦。此外在現代河谷中，冲積層較厚，也富含錫砂，为主要的現代冲積沙礦，这一帶的沙錫礦，按產狀可分为五类。

一、現代河流冲積層，厚10—20公尺，分布广，含

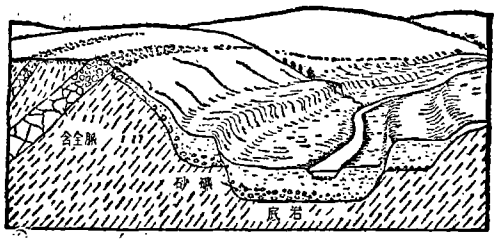


圖 3．被沙泥浮土复盖的平原河流沙金礦床

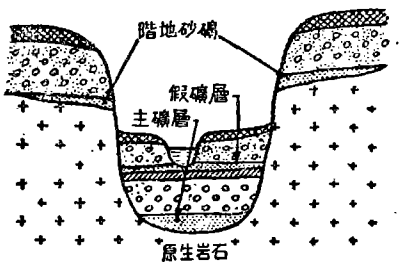


圖 4．在河谷中形成的砂礦層

錫富，層理一般清楚，自上而下分为：

（一）最新沉積，由粘土、沙、礫等組成，顏色褐紅或紫，表現輕度紅土化現象，厚5—6公尺，含錫極少或无。

（二）黑色泥土或暗灰色粘土，厚1—2公尺，富含腐植質，无錫。

（三）黃色粗砂及礫石層，为主要含錫層，其中偶夾紅色或暗色粘土層（不含錫），全層厚1—5公尺，底岩为石灰岩，每立方公尺含錫数兩至一斤，一般愈下愈富，有时富集在底岩的裂隙中。

二、古代冲積層，为古河流所沉積，在現代河床之上20—25公尺处，上新世后因地壳上升而再受割切，由粘土及砂質粘土組成，夾石英粒，顏色褐紅或紫，層理不清，厚30—50公尺，含錫量均匀，每立方公尺含錫3—4兩。

三、古代冲積扇或冲積錐，系上列冲積層延伸到高度

圖 5．弯曲河流中砂礦的分布和迁移

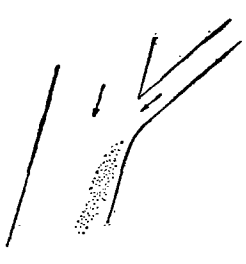


圖 6．主流和支流处所形成的砂礦

100—200公尺的山坡上所成，表示为古河流所形成。

四、盆地沙礦，在石灰岩的喀斯特地形或山間盆地內，高出附近河面或平原50—200公尺。

五、洞穴或裂隙堆積，多在石灰岩区內，生于高出当地50—200公尺到地面下的洞隙中，有时含錫特富。

此外如云南箇旧錫礦，在解放后曾找到大量沙錫礦床，广东沿海某地也有沙錫礦的分布，湖南沅水流域則有相当广泛的金剛石沙礦，贛南鎢礦区，有鎢礦沙礦的形成，再如遍布我國西南及东北和湘西一帶的沙金礦，更屬常見。長江上游的金沙江，即因盛產沙金而得名，所謂"沙里淘金"在我國已有很久的歷史，而且直到現在也还是金礦的一个重要來源呢。

（2）化学沉積礦床　被地表水所搬运的，除了成固体顆粒狀态的碎屑物質外，还有更多的溶解在水里的物質，它們形成眞溶液或是以膠体溶液狀态，而被帶到各类水盆地中去，这些物質通过一定的化学变化后，可以生成各种沉積礦床，而且常常是質量好、產狀穩定的大礦床，根据形成方式，又可將其分为眞溶液沉積礦床和膠体溶液沉積礦床兩类。

（A）眞溶液沉積礦床

（一）形成情况　溶解在水里形成眞溶液的物質，为什么会沉淀下來呢，道理說起來也很簡單，我們都知道每一种物質溶解在一定量的水里（通常以100克水为計算标准而且溫度是固定的）的数量是有一定的，这就是物質的溶解度。如果某种物質溶解在

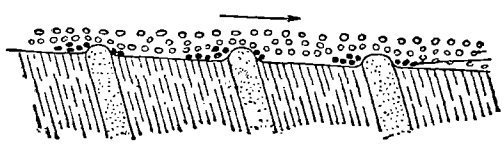


圖 7．在河谷底部硬岩層凸起时沙礦的形成和分布

水里的数量比它的溶解度小，那就形成不飽和溶液；如果剛好等于它的溶解度，就成为飽和溶液；如果大于溶解度就形成了过飽和溶液，在这种溶液中的溶解物質，就很容易發生沉淀。假使这种作用是在水盆地中進行的，那就有可能造成沉積礦床了。但在水盆地中，溶液又怎样才能形成过飽和狀态呢，最重要的原因是由于水的蒸發，如像內陸湖或瀉湖中的水在太陽热力的作用下，大量的蒸發，而流入的水量都是有限的，当蒸發量大于流入的水量时，水的量將逐漸減少，而水里的溶解物質却相对的增多了。何况从陸地上流來的水中，还会不断的再帶來溶解物質，因此愈聚愈多，最后就成了过飽和溶液，所以才有机会造成沉積礦床。这种現象正好像我們用一鍋糖水放在爐子上煎煮，糖水在鍋中慢慢沸騰了，并且明顯的看到从鍋中蒸發出大量的水蒸汽，最后水漸漸少了以至干

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

了，而留在鍋底的却是一些固体的糖。由于这种作用所造成的礦床，最主要的例如鉀、鈉、鈣、鎂的氯化物及硫酸鹽等。

在这里需要附帶說明的是，由水溶液經蒸發、沉積等作用而造成的鹽类礦床的形成情况，在目前的科学界中，存在着兩种不同的学說。一种是德國学者奧克謝尼烏斯提出的沙洲学說，他的学說的大意是說在淺海地区，由于沙洲或沙埧等的阻擋，可以在海边造成局部的隔絕的海灣，这种海灣与外海之間的交通是受到限制的（沙洲的阻擋），因此外海的水不可能大量流入，但也不是絕不流入，而陸地上流來的淡水，数量当然也不会过多，假使此时气候是炎热而干燥的，那么海灣中水的蒸發量就大过了流入的水量，使水中溶解的鹽类逐漸增多，当达到过飽和狀态时，就可可依次沉積成各种鹽类礦床，并且由于气候的炎热和干燥，不适宜植物的生長，所以物理風化作用在陸地上的岩石中就很盛行，当然就能供应大量碎屑物質，沉積在鹽礦層上，形成了复蓋層保护鹽类礦床不再被溶蝕。另一学說是德國学者瓦尔特尔提出的大陸說，它的大意是說在世界上有許多厚大的鹽礦床，是生成在內陸沙漠地区的不流动的水盆地中，这些水盆地和海洋完全不通，因此鹽礦的形成只和当地的地表水有关，地表水將周圍岩層中的鹽类溶解并帶到水盆地中，即不再流出，当水量逐漸因蒸發而減少时，含鹽量則漸漸加多，最后就能沉積而成鹽礦床，所以在这种情况下，只要水盆地的深度适宜，就能够形成非常厚的礦層，当然組成这类鹽礦層的礦物成分是要受到水盆地周圍岩層中所含的鹽类成分的影响的。

（二）举例 鹽礦床在我國的分布是很普遍的，茲举例說明如下。

新疆溫宿鉄漢古魯克邦產岩鹽礦床，礦体成層狀產于第三紀庫車層中，与上下岩層（均为紅色粘土）間皆成整合接触，故認为系屬第三紀陸相沉積的原生鹽礦床，鹽層最厚达80公尺，四周漸薄，因之成凸鏡体狀，底部常有石膏層，成团塊狀，厚薄不一，岩鹽成粒狀集合体，顏色或青或紅，也有无色透明的，整个鹽層常随上下岩層同时褶皺，形成背斜構造，其剖面如圖8。

此外在湖北应城及湖南瀏陽、湘潭一帶，有第三紀的石膏礦層，其附近的藍色頁岩中，則含有散点狀的鹽粒。另如四川、云南一帶，常于地下鑿井汲取滷水鹽的水溶液，煎煮而成井鹽，如四川著名的井鹽產地——自流井（現称自貢市）一帶，即盛產井鹽，开采歷史已非常久远，其成因可能是原來生成于岩層中的岩鹽礦，被地下水所溶解，因而造成了滷水。

在青海、甘肅、宁夏、新疆、西藏及內蒙古等地的許多內陸湖泊中，均盛產現代沉積的各种鹽类礦床，如食鹽、石膏、天然碱、芒硝、硼砂等。

（B）膠体溶液沉積礦床

（一）形成情况 物質被搬运的另一种重要方式是形成膠体溶液，特别是一些比較难溶的礦物，常常以这种方式而被大量的帶到水盆地中去，如鉄、錳、鋁、矽的氧化物等。至于膠体溶液中的礦物質，怎样才会沉積下來呢：关于它們沉積的詳細經过情况，現在还不能說已經完全了解，但是知道水里所含的各种电解質（如鹽类）的作用以及膠体物質的質点本身所引起的吸附現象等，对于它們的沉積是有很重要关系的。有关这兩种作用的概况，在前面已介紹过了，此处不再重复。

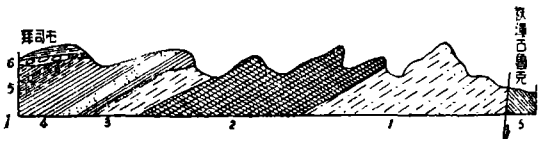


圖 8. 新疆溫宿鉄漢古魯克邦產岩鹽礦床圖

膠体溶液的沉積和濱海区的地形以及当地的地壳运动性質也有关系，这主要是因为要使膠体溶液中的物質大量沉積而形成礦床，就必須有源源不断的同一物質的供应以及合适而穩定的环境，才能使这种沉積作用連續进行，因此就只有在地壳运动不激烈而地形起伏也比較平緩的地区才有可能，这一問題在前面也已經講过了。

此外，水中所含的氧气及二氧化碳的数量，对于膠体溶液中的物質的沉積也有关系，而且直接影响到沉積物的礦物成分，比如說以沉積錳礦为例，在近岸的淺水地帶，由于氧气充足，所以生成了原生的高价氧化錳礦石，主要为軟錳礦及硬錳礦，并且硫、磷的含量都很低，离岸稍远处，水的深度加大，水里氧气的含量就將減少，因此生成了水錳礦（$Mn_2O_3 \cdot H_2O$），繼續向深水地帶前進，則氧化礦石將逐漸轉变为碳酸鹽类，如菱錳礦及錳方解石等，这顯然是在还原环境中形成的，因为水深了，水底有机物質腐爛并產生大量的 CO_2，使 O_2 的量更少，因而就形成了这样的环境，而磷的含量在这里也顯著的增加了，这就是苏联别捷赫琴院士所提出的著名的沉積錳礦的礦物成分的相变規律。

鉄的沉積礦床，也有类似的相变情况，但是不如沉積錳礦來得明顯。

（二）举例 震旦紀宣龍式沉積鉄礦，是大家都知道的著名的鉄礦类型，就目前所知，以河北宣化龍家堡一帶出露者最佳，現在就把这里的地質和礦床情况，概略介紹如下。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

这里的地層系統，自上而下見附表。

从附表所列的地層系統，可以知道其中至少包括了兩个沉積輪迴，也就是有兩次海進及海退，表示当地地売曾經兩度發生緩慢的升降，而根据含礦帶的層位，又可推知鉄礦層系屬海進期中的沉積。在海進过

震旦紀地層对比表

时代＼地区	宣龍区				
	層位		符号	岩石性質	厚度(公尺)
震旦紀	鉄嶺石灰岩			灰色致密灰岩，含透鏡狀綠色燧石	300
震旦紀	洪水庄頁岩			黑色片状頁岩，局部有很少紫色頁岩	0—100
震旦紀	霧迷山灰岩			灰色粗粒灰岩，含白、灰色燧石薄層	1000
震旦紀	楊庄頁岩				缺失
震旦紀	高于庄灰岩	白色石灰岩	Ls_5	白色中厚層含鎂質灰岩	315
震旦紀	高于庄灰岩	黑色石灰岩	Ls_4	黑色片狀石灰岩	200
震旦紀	高于庄灰岩	灰色石灰岩	Ls_3	灰色中厚層灰岩	220
震旦紀	高于庄灰岩	燧石石灰岩	Ls_2^4	条帶狀燧石灰岩	80
震旦紀	高于庄灰岩	燧石石灰岩	Ls_2^4	灰色薄層灰岩	50
震旦紀	高于庄灰岩	燧石石灰岩	Ls_2^2	瘤狀燧石灰岩	50
震旦紀	高于庄灰岩	燧石石灰岩	Ls_2^1	灰岩、頁岩、砂岩互層	30
震旦紀	大紅谷	鈣質砂岩	S_3	白色厚層砂岩	100
震旦紀	大紅谷	鈣質砂岩	S_2	瑪瑙層	10
震旦紀	大紅谷	鈣質砂岩	S_1	条帶狀鈣質砂岩	40
震旦紀	石英岩	砂質石灰岩	Ls_1^5	砂頁岩含不純灰岩	20
震旦紀	石英岩	砂質石灰岩	Ls_1^4	厚層燧石灰岩	40
震旦紀	石英岩	砂質石灰岩	Ls_1^3	薄層灰岩含鮞灰岩	70
震旦紀	石英岩	砂質石灰岩	Ls_1^2	紫色頁岩与灰岩	30
震旦紀	石英岩	砂質石灰岩	Ls_1^1	結晶石灰岩	30
震旦紀	串嶺溝頁岩		Sh	綠色及黑色頁岩	40
震旦紀	含礦帶		Fe	砂岩、頁岩与赤鉄礦	30
震旦紀	長城石英岩	石英岩	Qt_2	白色交錯紋石英岩	40
震旦紀	長城石英岩	石英岩	Qt_1	紫色石英岩	45
震旦紀	長城石英岩	底部砂頁岩	Bsh	砂質頁岩	45
震旦紀	長城石英岩	底部砂頁岩	Bs	砂岩夾頁岩	50

附註 1. 上表宣龍区地層厚度大体以龍关縣内为标准。
2. 符号系作者在区内塡圖时暫用的地質符号。

程中，随着海水的加深，沉積环境也就改变，因此赤鉄礦和菱鉄礦能在一層中發現漸变現象（相变）。这就証实了前面提到的水的深淺及氧和二氧化碳的含量与礦石成分之間的关系。赤鉄礦有时也可因受到深成侵入体的影响而变質成磁鉄礦，但仍保持着原來的礦石結構。至于礦層的总層数，通常是比較穩定的（一般为五層），不过赤鉄礦層数及菱鉄礦層数間，常存在着互为消長的現象。礦層厚度以最上的一層最厚，約为1－3公尺，并略呈凸鏡体狀。礦石品位分貧富兩类，富礦含鉄达47－58%，貧礦含鉄約20－45%，再低者即不作礦石計算。其主要缺点为含矽氧較高，对于利用方面，有着一定的影响。礦区內的地質構造，大致为一由震旦系及少量中生代岩層所組成的大向斜，但由于燕山运动的作用，在兩翼部分又形成了一些小褶皺及逆掩断層等，此外階梯狀的高角度的正断層和橫切地層走向的橫断層，也比較常見，因此就增加了礦区地質構造的复雜性，但尽管如此，这一帶的宣龍式鉄礦，仍为一比較穩定而且質量俱佳的大鉄礦。

热河瓦房子的震旦紀上部沉積錳礦也是一个有名的錳礦类型，現在就來介紹一下它的概況。

礦区地層自上而下为：

5. 寒武系紫色頁岩，底部具0—8公尺的赤紫色底礫岩。

··················不整合··················

4. 含錳岩系

(11)黑色至豬肝色板狀頁岩，时夾厚2—3公分的錳礦扁豆体……2.96公尺

(10)上層錳礦（变化大，时有时无）……………………………0.48公尺

(9)深灰色頁岩，夾有厚0.02—0.03公尺之燧石層……………… 2公尺+

(8)淡灰色厚層狀頁岩，有时为燧石灰岩…………………… 1.7公尺

(7)豬肝色含錳白云質頁岩… 0.88公尺

(6)棕黑色頁岩及豬肝色含錳白云質岩石，下部層理漸厚……… 6.3公尺

(5)中層錳礦………………… 0.9公尺

(4)豬肝色厚層含錳白云岩… 4.2公尺

(3)下層錳礦……………………0.78公尺

(2)紅或豬肝色含錳白云質岩層0.5公尺

(1)豬肝色含錳白云岩，中夾厚15公分的石英岩1—3層………… 2公尺

3. 灰色燧石灰岩…………………20—41公尺

2. 黑色頁岩，風化后呈灰白色，頂部之十余公尺含鈣質較富，底部之十余公尺含砂質較富，呈黃色……………………70公尺

1. 灰色燧石灰岩 ………………… 1500公尺

从上述礦区地層系統中，得知錳礦共有三層，但須說明的是，錳礦并不成規律的層狀，所謂三層，只是表示其在地層系統中的層位，而且內中只有中、下兩層錳礦的品位較佳，厚度較大，尤以下層礦較为穩定，礦体一般呈扁豆体狀，大小不等，有时由多数扁豆体組成所謂"礦餅群"。礦石結構，可分为致密塊狀、鲕狀及蜂窠狀等。礦石品位，低者含錳不到20%，高者可达30%，硫、磷均低，而矽氧則較高。根据礦体產狀、礦物成分、含錳岩系的性質等，推知瓦房子錳礦应是原生氧化錳的沉積礦床。至于礦区構造，大致为一东北—西南向的長形盆地，傾角平緩，約在20°上下，盆地南端受断層及侵入体影响而破碎，断層主要为正断層，亦可見到橫断層等，有时并集中

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成为階梯狀断層，由于断層的关系，礦体的完整性常受到破坏，并且影响到礦石的質量。礦区內的侵入体，則以礦区西北部的角閃斑岩为最大，接触帶附近的錳礦均变質为褐錳礦，且含鉄量增高，这都可能是受侵入体的影响所致。

此外如上泥盆紀的宁鄉式沉積鉄礦，广西一帶的上泥盆紀沉積錳礦以及華南分布較广的二叠紀沉積錳礦等，都可能是同一成因所造成的，除鉄、錳礦床外，膠体化学沉積还可造成鋁礦床、銅礦床等。

（3）生物化学沉積礦床

有些沉積礦床的生成，在沉積过程中，除了化学变化外，还有生物的作用，这都屬于生物化学沉積的范圍。一般的講，这种成因所形成的沉積礦床，大都是由生物在死亡后，其遺体或遺壳大量的堆積在一起，然后再經过一系列的化学变化才造成的，所以它与化学沉積作用間，有时就难于区別，只不过是生物的作用在这里更較明顯和重要而已，因此对于这一类礦床來講，生物是否能大量繁殖和堆積以及堆積后的环境是否适宜于化学变化的進行，就成为能否形成礦床的首要条件了。談到生物是否能大量繁殖，又和当时当地的气候、雨量以及地壳运动的性質等有关，这些就不須再介紹了。至于生物如何才会同时大量地死亡，因而形成很厚的堆積呢？这也和自然环境有密切的关系，例如在非洲好望角以南的阿古拉斯礁附近，由于自赤道來的暖流和自大西洋來的寒流在这里相遇，海水溫度变化很大，因此使生物（多为魚类）大量死亡，堆積于海底，生物遺体中所含的磷經过一系列的化学变化后，富集了起來。有人就从这里的海底挖出了不少現代的磷塊岩，它和地史时期中所造成的磷塊岩很相似，說明这里正在形成着最新的磷塊岩礦床。此外由于海盆地的激烈变动，引起了海底深度和海流的改变，也能使生物大量死亡。当然其他自然条件的变动，如像气候的强烈变化等，也能对生物引起極大的影响。

在科学界中，对磷塊岩的形成过程至今仍是一个爭論的問題，有的認为它是直接由生物遺体經过化学变化而形成的，例如科尔的意見就說是由于海底大量有机物的堆積和腐爛，引起了海水中碳酸和氨的含量的增加，并形成碳酸氨，当海水中富含碳酸、碳酸氨及氯化鈉的时候，就提高了它对生物遺体中所含的磷酸鈣的溶解力，使磷酸鈣与碳酸氨起反应生成磷酸氨，在磷酸氨再与生物体的鈣質部分相遇时，就可形成磷酸鈣，但由于在世界各地的許多磷礦中，完全找不到生物的遺跡，相反的却常常具有明顯的顆狀結構，因此有些科学家就反对磷礦的生物成因說。近來A. B. 卡查科夫就提出了沉積的磷礦床的新的成因假說，这一假說是根据最近所得到的有关海水中含磷量

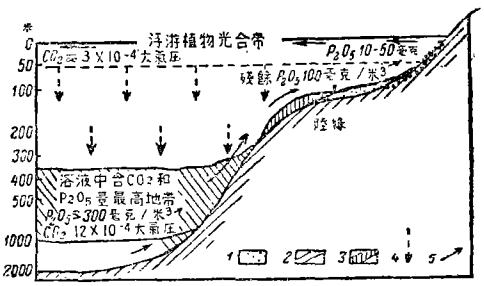


圖 9．磷塊岩礦床的形成——在深处寒流向上迴流时，磷酸鹽从海水中的沉淀

1.海濱礦和礫石相；2.磷塊岩相；3.石灰岩相；4.浮游生物殘骸下墜；5.海流方向

的資料而提出的（圖9）。它的大意是說，在海水的表層中（0—60公尺），由于CO_2很少，因此溶解的磷也很少，含P_2O_5僅10—50mg/m³，但在深海处，因为大

（下轉第20頁）

对“玻璃原料石英岩及石英砂岩地質勘探工作中的体会”一文的若干意見

張 法 文

目前，專門討論玻璃原料石英岩及石英砂岩地質勘探問題的書籍和文字还沒有見到过（礦產儲量分类規范第八輯是討論玻璃用砂的）。李悅言工程师这篇文章基本上总結了解放后这类礦山的勘探經驗，对实际工作將起一定的指導作用。为了使这个問題更趋全面，并進一步引起有关方面的重視和討論，特提出一些补充意見，是否恰当，希原作者和其他同志指正。

一、技術條件 礦產儲量分类規范第八輯所規定的技術条件，有些地方过于嚴格。例如書中对用作生產鏡玻璃、花紋玻璃和优質裝甲玻璃的第Ⅲ級砂規定SiO_2不少于99.3%，Fe_2O_3不多于0.05%，Cr_2O_3不多于0.002%。对于用作普通窗玻璃的Ⅳ級砂規定SiO_2不少于98.5%，Fe_2O_3不多于0.10%。这个技術条件对Al_2O_3的含量未加考慮，但在自然界的这类礦石中往往含有較大量的Al_2O_3，而一定的Al_2O_3雜質是有利于玻璃生產的，所以只要礦石中Al_2O_3的含量变化不大，則含有2—3%的Al_2O_3应該是允許的。因此可以看出上述技術条件对SiO_2含量的要求是过高了一些。在某几处礦山勘探工作中，經常發生Fe_2O_3合于要求，而SiO_2含量低于規定的要求，以至使品位划分發生困难。对用作生產窗玻璃的原料來說，这个技術条件应适当降低，一級品SiO_2可規定为98.5%以上，二級品SiO_2可規定为96—98.5%，同时还可以結合具体条件，適当地定出三四級品的指标。

二、槽井探和岩心采样 因为石英岩特別是石英砂岩節理比較發育，所以在接近地表部分，沿岩石的節理面往往有程度不同的鉄染和土染現象，从而增加了礦石的含鉄量。鉄染礦重者，往往不能靠簡單的选礦方法以清除之。因此在揭露探槽时，应該完全剝去这層“風化層”，然后再進行刻槽采样，否則不但容易对一个原有工業价值的礦床，作出相反的地質評价，而且会使我們对地表和地下勘探工程进品位时發

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne

非常复雜，有許多小褶皺，使得向斜核部楊家屯煤系中的煤層來回弯曲（圖 8）。由于在太平山北坡發現了震旦系和寒武系，我們認为太平山北坡的震旦系、寒武系和奧陶系屬于太平山向斜的北翼，是一套簡單的單斜地層。岩層主要向东北傾斜，由于傾角很陡，有部分岩層倒轉，即向东南傾斜，但傾角也是很陡的。

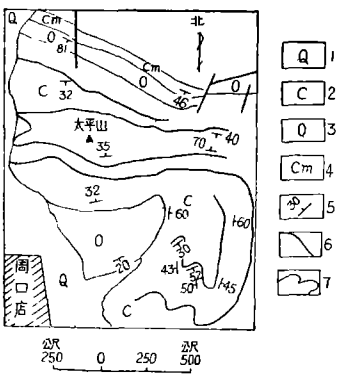


圖 8. 太平山一帶石炭紀楊家屯煤系分布圖

由于56年暑期的工作，証明了周口店-坨里一帶是屬于北嶺向斜的構造体系。我們認为中國百万分之一地質圖北京幅，在長溝峪一帶划了許多断層，何作霖在太平山和北大梁一帶也划了許多断層，这些断層的根据是不多的。

本区断層是有的，但不是很大，不复雜，主要有二种断層，一种是与房山侵入体侵入有关的放射狀断層，另外一种是逆掩断層，主要是南大寨附近的大逆掩断層和太平山一帶的逆掩断層。屬于第一种断層的有鳳凰山断層，小樓断層，尖平灣断層組，一条龍断層組及周口河断層，这些断層的方向是和房山侵入体的接触帶垂直的，它延長不远，使岩層錯断，并有牽引的現象。值得注意的是南大寨大逆掩断層，这个断層早为我國地質学家發現了，1935年陈愷、熊永先合著的北京西山逆掩断層一文中就提到了这个断層。南大寨大逆掩断層向东北方向繼續延長，經大灰厂、田村，一直到北京城下。本区只是断層的一部分，断層使震旦紀石英砂岩和矽質灰岩复蓋到震旦紀頁岩、寒武紀石灰岩、奧陶紀石灰岩以及石炭紀煤系之上，断層面向东南傾斜，傾角在25°—45°之間。作者認为在南大寨一帶，断層形成了飛來峯構造（外來系統），南大寨一帶的震旦紀不算砂岩和矽質灰岩就是飛來峯，而在坨里和八十畝地之間，由于水的侵蝕作用使飛來峯中出露了一塊奧陶紀石灰岩（找到了原盒角石化石，并为燒石灰的原料），其四周都为断層接触，作者認为是原地系統。这种飛來峯構造在南大寨大逆掩断層分布綫上是常見的。由于逆掩断層伴随有方向性的压力，使这塊原地系統的奧陶紀石灰岩層面上產生了一套節理系統（圖 9），有張節理，压節理，剪切節理和雁狀節理。从節理的產狀推測压力的方向是近东西向的，这和实际情况是相符合的。

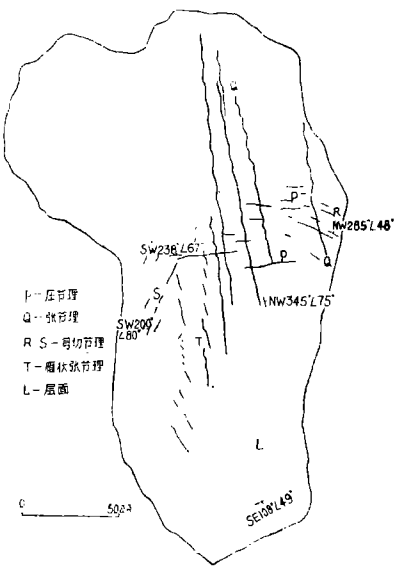


圖 9. 南大寨附近奧陶紀石灰岩層面上的節理系統

在云峰寺一帶的逆掩断層表現为奧陶紀石灰岩蓋到石炭紀煤系之上，老鄉叫“灰岩蓋頂”，断層附近煤系地層很破碎，并形成小的褶皺。

从構造观点來看，作者認为房山侵入体周圍的放射狀断層產生于侵入岩以后，而南大寨逆掩断層則產生于侵入岩以前，很可能侵入岩就是沿着断裂而侵入的。

---

* 这里所指为構造鼻只指構造形态而言，而不是說的陸台上的構造鼻。

（上接第 39 頁）

量死亡的生物下沉的緣故，就帶來了大量的磷，而此处的 CO_2 的含量也高得多，因而增加了海水对磷的溶解能力，所以在300—800公尺深处，海水中含 P_2O_5 可以达到300到600甚至1000mg/m³。另一方面，由于海水的垂直循环，深处海水流向陸緣，这时压力降低了，海水中的 CO_2 乃向表層擴散，降低了海水对磷的溶解能力，所以磷酸鹽的含量迅速达到过飽和狀态，于是就在陸緣的上中部（約为50—100公尺深处）沉淀下來成为氟磷酸鈣。这一假說能够解釋許多大的磷塊岩礦床的形成条件，也能說明为什么在磷塊岩礦床中找不到生物的遺跡，因为它不是由生物直接生成的，但从所述的形成情况中，我們也可以了解到生物在这里面的作用仍是很重要的，只不过是間接的促成了磷塊岩的堆積而已。

屬于生物化学沉積的礦床在我國也是很多的，如各种生物成因的石灰岩礦床等，这里就不举具体的例子了。至于煤和石油等，也屬生物化学沉積礦床，下一講將作專門討論，这里就不詳談了。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.ne