

中国科学院
长沙大地构造研究所集刊

第 1 号

科学出版社

15579

中国科学院
长沙大地构造研究所集刊

第 1 号

5425/23

科学出版社

1984

内 容 简 介

中国科学院长沙大地构造研究所近年来从事我国大地构造与成矿学的研究,积累了一定数量的成果,现选编 15 篇论文汇集成《中国科学院长沙大地构造研究所集刊》第 1 号。

陈国达教授于本集论述了多因复成矿床的成矿理论,并从地壳演化规律阐述其形成机理。其他各篇论文就是以地洼学说及其成矿学为指导,论述鄂、湘、赣、皖、滇等地区的大地构造基本特征和对成矿的控制以及石油、煤、铁、钨、铀等矿产的分布规律。

本书可供区域地质、构造地质、矿产地质工作者以及有关生产、教学、科研人员参考。

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1984 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16
1984 年 8 月第一次印刷 印张: 13 插页: 4
印数: 0001—2,770 字数: 305,000

统一书号: 13031·2620

本社书号: 3611·13—14

定价: 2.30 元

科技新书目: 75-34

多因复成矿床并从地壳演化规律看其形成机理*

陈 国 达

(中南矿冶学院地质系;中国科学院长沙大地构造研究所)

作者提出的多因复成矿床含义是什么? 由于不止一次的成矿作用的综合结果,以致明显地同时具有多方面的成因特征的一类矿床。它们具有多成矿阶段、多物质来源、以及多成因类型的“三多”特点。这型矿床最常形成于地壳演化的地洼阶段,故以分布于地洼区为最广泛。就现知的而论,它们可分为三个主要成矿模式和多种成矿类型,受不同大地构造条件控制,依相应的规律在时间、空间上分布。这是一个新被认识的第三个矿床成因类型,不能简单地归入单纯的内生或外生矿床。由于它们往往形成既大且富、具有重大经济价值的矿床,故十分重要,并有重大的研究意义。

一、从一些矿床例子说起

近年来,对于我国境内的某些重要矿床的成因问题,争论至为热烈,而且这类有争论的矿床的发现越来越多。不同学术观点之间互相交换意见、互相学习、取长补短,这是有利于科学发展的好现象。况且矿床成因问题的研究,涉及找矿方向问题的解决,对成矿预测关系十分密切,故从为生产服务的角度看,特别值得重视。本文就是试图从大地构造与成矿学的角度来分析这些争论,并在这个基础上对这类矿床的形成过程和找矿方向的问题试作探索,以及在研究上有必要加以注意之点,提供一些参考性意见。错误的地方,请同志们指正!

在上述矿床成因问题的争论中,对于同一矿床,往往出现两种对立、或多种很不相同的看法。下面举两个例子来说明:

(一) 内蒙古白云鄂博铁矿

这是一个现经探明储量已达若干亿吨以上的大型铁矿。同时,还有稀土氧化物远景储量可达数亿吨;铌氧化物远景储量为若干万吨以上,因此,又是一个特大型稀土和特大型铌矿床。

* 本文在内容上属于国际矿床大地构造委员会(CTOD)拟订的国际性研究课题“从地壳演化看成矿作用”中的一个专题。于1979年10月11日在湖南省地质学会上作学术报告,又于1982年9月18日在苏联第比利斯举行的国际地科联矿床成因协会(IAGOD)第6次讨论会上宣读。

收稿日期:1980年4月7日。

这个如此重要的矿床,自本世纪初,由我国地质学先辈丁道衡发现以来,一直认为是内生成因的。五十年代,苏联学者进一步认为是特种高温热液矿床。后来,谢家荣提出了新的看法,认为是沉积矿床,但当时未得到人们的赞同。到了最近几年,主张沉积成因的人已日渐增多。

上述两种观点互相对立,各有事实根据,各有较多的理由,但同时,每一方的观点都不能解释,更不能否定另一方所提出的事实和依据。依个人野外实地观察结果¹⁾,结合有关单位的研究,先以沉积观点来说,其有说服力的证据主要有下列几点:

1. 矿石有一定层位。白云鄂博群的 H_9 为主要含矿地层(图 1)。在主东矿(白云鄂博矿区分为主矿、东矿、西矿,此外还有东介林格勒及都拉哈拉两矿)的矿层,产于由碳酸盐岩渐变为板岩的过渡带内。矿层产状又与围岩一致。此外,在其他层位也有含铁岩石,如北矿体的 H_{10} 为含铁板岩,据勘探资料,其中铁的含量达 29%。

2. 在矿体中,常见层理残迹(虽然已变质)。在北矿体,具有铁-硅质互层的条带状矿石。就全矿区的矿石构造来说,条带状很为常见。

3. 依贵阳地化所(1975),磁铁矿中分散铅同位素年龄测定为 14—15 亿年,围岩白云岩中的分散铅同位素也是 14—15 亿年。这证明,铁矿层与含矿地层二者同时。

西矿原来只知道有十六个出露的小矿体,分为南北两列,依东西向延伸。以前由于受内生成因的观点束缚,对于它们之间是否相连,一直未加考虑。从 1978 年起,根据沉积观点对之进行钻探,到 1979 年春,已经得知它们之间的无露头区实有矿层存在,这些小矿体实系相连的,并且南北两列矿体之间,为一向斜构造,在向斜槽部也有矿层(图 2)。因此,储量大大增加。于是,沉积观点不独获得了验证,而且在生产运用中已见实效。

但另一方面,白云鄂博铁-稀土-铌矿床同时又具有许多与沉积成因相反的,显然属于热液成因或至少是热液参与的证据,非沉积说所能解释,更不能对之否定。主要有如下几点:

1. 普遍有氟钠交代作用,形成了铁、稀土、稀有等复杂的矿物,它们是紧密共生关系。其中有铁矿物如磁铁矿、赤铁矿等 5 种,稀土矿物如氟碳酸铈矿、独居石等 13 种,铌矿物如铌铁矿、铌铁金红石、易解石等 12 种。它们构成了多种矿石类型,在不同矿区有所不同。据刘浏同志提供资料²⁾,主矿以萤石型铁、稀土、铌矿石为主,霓石型和钠闪石型矿石很少。东矿以霓石型钠闪石型铁、稀土、铌矿石为主,次为萤石型矿石。西矿以白云石型铁、稀土、铌矿石为主,次为黑云母钠闪石型矿石。都拉哈拉则以白云石型铌、稀土矿石为主,少量为夕卡岩型矿石。

2. 全矿田铁矿石品位高低差别很大, $TFe = 20—50\%$ 不等,但与稀土、铌呈正消长关系。例如,主东矿是氟钠矿化作用最强地段,同时又是铁矿化最强地段。在几个重要矿区的铁品位与稀土、铌的品位变化关系如下:

	主 矿	东 矿	西 矿
TFe 平均值(%)	35.83	33.51	31.34
RE ₂ O ₃ 平均值(%)	6.19	5.71	1.09—1.44
Nb ₂ O ₅ 平均值(%)	0.141	0.126	0.068—0.088

1) 陈国达: 地洼区的成矿特点与白云鄂博铁矿一些问题的看法。1978 年 8 月 12 日在白云鄂博学术报告。

2) 刘 浏: 1979, 白云鄂博铁矿。

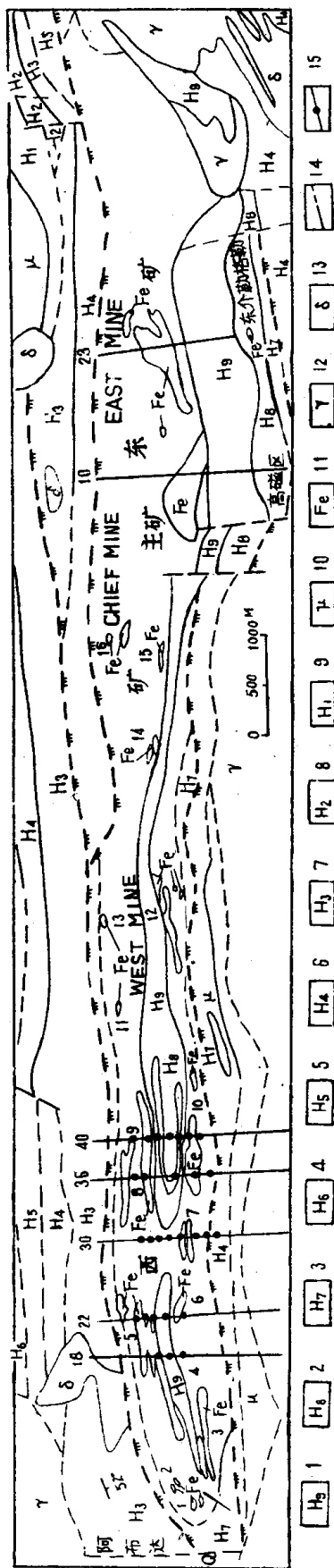


图1 内蒙古白云鄂博铁矿区域地质图
(据白云鄂博铁矿)

1—石英岩、板岩; 2—泥质灰岩、石英岩互层; 4—浅色石英岩; 5—暗色板岩; 6—暗色石英岩; 7—暗色板岩; 8—白色石英岩; 9—黑色板岩、粗粒石英岩; 10—混合岩; 11—铁矿; 12—花岗岩; 13—闪长岩; 14—物探推测断层; 15—剖面及钻孔号。

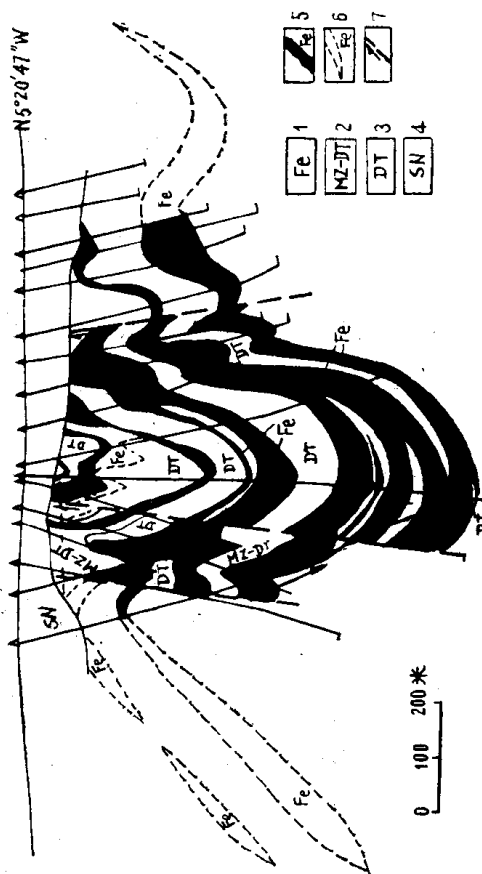


图2 内蒙古白云鄂博铁矿30号剖面地质物探综合图
(据白云鄂博铁矿)

1—铁矿; 2—矿化白云岩; 3—白云岩; 4—覆盖层; 5—占探控制矿体; 6—物探推断矿体; 7—推测断层。

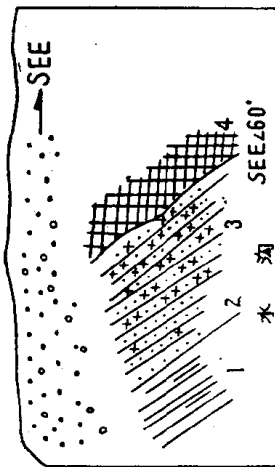


图4 石碌矿区 SL₄ 最下层铁矿与含矿沉积层的过渡关系
[陈国达 1977]

1—铁质千枚岩; 2—铁质砂岩;
3—硅质铁矿; 4—赤铁矿。

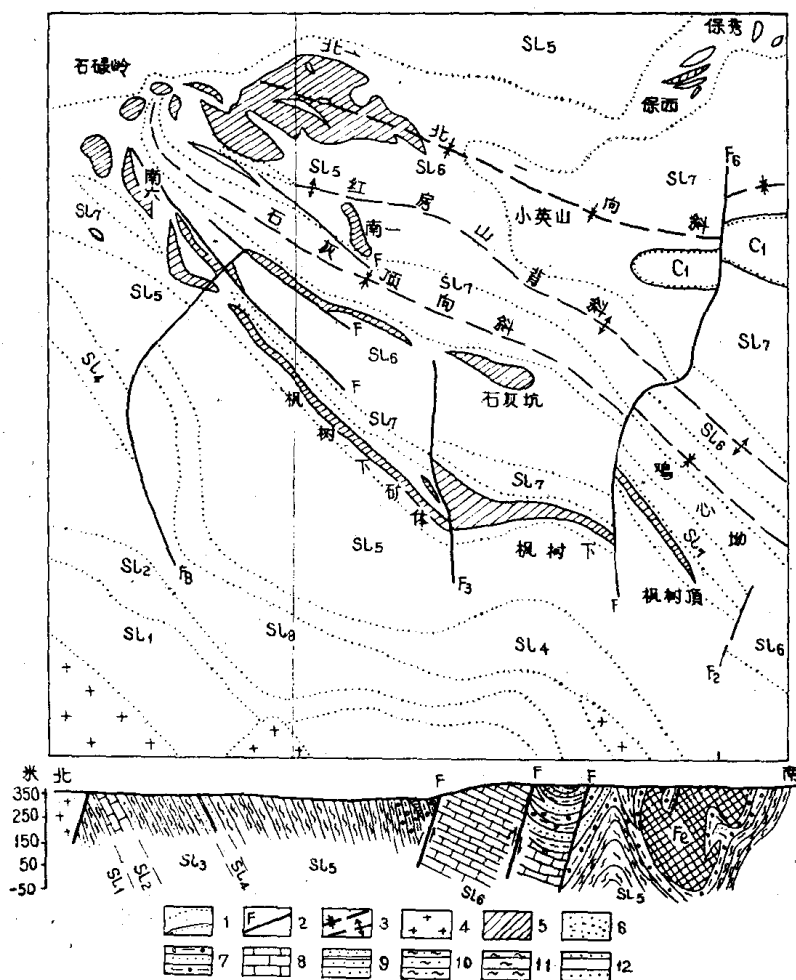


图3 广东海南岛石碌矿区地质图及剖面图
(据勘探队)

1——铜矿体； 2——铁矿体； 3——绢云母石英片岩； 4——白云岩，透辉岩、透闪岩夹砂岩、片岩及赤铁矿层。

3. 与矿田南邻的花岗岩体群紧密接触。接触带内有含镁的夕卡岩带。邻近接触带的围岩也发生变质,且变质深浅与距离大小成反比,说明系由于岩浆热液作用所致。

4. 矿体中有多阶段热液成矿作用的证据。如磁铁矿、黄铁矿等矿脉对早先形成矿体的穿插。这现象在主、东矿普遍见到。而且这些先后形成的矿化,有成矿温度越后越低的表现。

5. 东介林格勒矿坑附近山坡上,见到白云岩中有磁铁矿、钠闪石等矿物共生的矿石沿裂隙充填交代,呈透镜状或不规则条状,团块状、斑点状等大小矿体或矿化现象。

6. 从主矿体的横剖面看,各种类型的矿石中,磁铁矿及其共生矿物的晶粒大小和矿石结构极不均一,随矿石类型和所在地段而异。特别是粒度较细的致密块状磁铁矿石中,常有晶体较大的团块,说明成矿溶液晶出时,局部含气体较多,晶出缓慢而晶粒粗大。且有时形成晶洞和晶腺构造。这是气液矿化特征。

(二) 广东海南岛石碌铁矿

石碌铁矿是一个大而富的铁矿床,仅几个主要的矿体储量就达4亿吨,最高品位可达68%。在解放以前,直至六十年代,一直被认为是接触交代型矿床。从七十年代初开始,有人提出新的看法,观点颇多,有沉积变质型、火山沉积变质型、铁细菌型等。其中以主张沉积变质成因的为最多。

根据个人野外现场观察所得[陈国达,1978],以及各个研究者所提出的资料,上述两方面的主张,都各有理由,所举出的证据都是相当明显的。先就沉积变质观点的证据来说。主要有如下几项:

1. 矿体产于一定层位。石碌群中的SL₆层是石碌矿区内铁矿的主要含矿层(图3)。
2. 矿体赋存在沉积岩(已变质)中。以SL₆这一主要含矿层中的最下层铁矿为例,依352会让站之西所见,从含矿沉积到矿体呈渐变的过渡现象(图4),该铁矿层的品位一般在矿体中部较高,向顶底两板变低。此外,在采场377台阶,SL₆第三层铁矿,从底板的“二透岩”到矿体,也呈过渡现象。其过渡带中先见含铁薄层的“二透岩”,往上渐变为夹“二透岩”的薄层铁矿。
3. 冷盛强、李佩兰¹⁾对石碌铁矿区富矿形成的物理化学条件作了研究,根据温度、压力及实验后溶液中的含硅量等方面所得数据,也认为该矿是沉积变质成因的。
4. 伍勤生²⁾对石碌群的中—浅变质岩系的铷-锶法年代学研究,证明该地层的同位素年龄为541—588百万年,属早—中寒武世。与铁矿大约同时形成,并于 237 ± 20 百万年前与地层同时发生变质,成为沉积变质矿床。

另一方面,石碌铁矿所具有的热液作用证据,也不能忽视。例如:

1. 北一矿体等,在大而富的矿体(及与之共生的铜-钴硫化物矿体)内,以至含矿沉积岩(如不纯结晶的白云岩、含钙质粉砂质泥岩等)中,见有大量的由钙铁辉石、透辉石、夕灰石、透闪石、绿帘石、钙铁石榴石等组成的气液交代蚀变产物,有时形成夕卡岩。矿石除结晶赤铁矿以外,还有相当多的磁铁矿,具有交代充填成因的特征。
2. 在一些矿体中,有时可见到赤铁矿被磁铁矿交代,或被磁铁矿脉穿插。夕卡岩被铁矿交代的现象,也有出现。白云岩中有时可见斜切层理的磁铁矿脉。
3. 在采场377台阶SL₆的主矿体接近底板的部分,赤铁矿中有脉状绿帘石穿过之处,两侧变为磁铁矿,品位增高。
4. SL₆矿层的顶底板,不纯白云岩或白云质灰岩(有时呈薄层与铁矿薄层交互产出)往往已被透辉石化及透闪石化,变成变质岩,即上述的“二透岩”。二透岩的出现,可有不同的解释。一种认为是区域变质的产物,这或者是可能的。不过有一点值得商榷,就是它们的形成条件与所在地层的区域变质程度不太一致。石碌群的主要地层为板岩、千枚岩、白云岩等,仅偶尔出现局部的绿片岩。故一般说来,区域变质只达到绿岩相。通常认为,绿岩阶段的变质所需温度只约300℃,而透闪石、透辉石的形成所需温度约达400℃与

1) 冷盛强、李佩兰: 1979, 海南岛石碌矿区富铁矿形成的物理化学条件实验。湖南省地质学会1979年学术论文摘要。

2) 伍勤生: 海南岛石碌群中—浅变质岩系的铷-锶年代学研究。全国第二届地层会议文件, 1979。

500℃ 之间。如果认为单纯由于区域变质的结果,而没有来自紧邻的岩浆热能、气液的参与,是比较困难的。

二、地壳演化新阶段及其成矿作用

类似上述情况的矿床,在我国近年来比较深入研究的矿床成因问题中,占有很突出的地位,而且这类矿床分布十分广泛。从成矿学 (Metallogeny; Металлогения) 的角度来看,这种现象与中国地壳演化史的复杂性具有密切的成因上的关系。因此,为了解决这类问题,特别是为了探索这类矿床的成矿理论、分布规律和找矿方向问题,就有必要从研究中国大地构造问题入手。这里特就现有资料及研究程度来对中国大地构造特点与地壳演化规律问题进行分析。当然这些分析只是从一个角度来看的,不一定正确,还可以从其他大地构造观点去探索。

关于地壳演化的学说颇多,其中最流行的为地槽-地台说。它是由于地槽区及地台区的发现和阐明而逐步形成的。其主要论点有二:

1. 地壳构造可分为两个构造单元,即地槽区和地台区。

2. 地壳演化分为两个阶段,即地槽阶段和地台阶段。换句话说,在一个地区的地壳演化过程中,当地槽区衰亡后,便转化为地台区,地台区是以地槽区为基础发生并成长起来的。

地槽-地台说的优点,在理论上为提出并阐明了地壳中最早为人们所知道的槽台两个构造单元,即一种活动区和一种“稳定”区,以及它们之间的辩证转化关系的一个方面;同时在上述的基础上,阐明了地壳发展史长河中最先为人们认识的一段历程和部分规律。在实用上则在于阐明两个前此所知的成矿大地构造类型,百多年来为找矿勘探作出了很多贡献;此外,还广泛用于其他地质领域、如水文工程地质、地震地质等方面,成为地质科学各个分科的共同理论基础。

另一方面,地槽-地台说也有不足之处。主要在于因受当时地质资料及有关科学发展水平的限制,对于地壳构造单元的划分还未能更加深入,对地壳演化过程的认识还较偏狭,以致把它运用到象中国这样的地区,对于许多问题还不能更好地解释。

(一) 地洼区及地壳演化的新阶段

中国境内,特别是其东部,在中生代中期出现了强烈的地壳运动及岩浆活动,带来了重要的矿产。1927年,老前辈翁文灏叫它做燕山运动。他提出后,引起国际上很大的重视。之所以如此,是因为自有地槽-地台学说以来,中国大陆一向被视为地台区,有“中国台盾”、“中国台坪”等名称,也有人笼统地称为“中国地台”。燕山运动的提出,便反映了与地台区的特征完全相反的大量事实,说明中国地台虽然在中生代中期以前确实存在过,但到这个时候所出现的现象,却与地台观点不相一致。

根据著者[1956、1959]的研究,象中国东部这样的地区,其地壳发展现已进到后地台阶段,变成了一种新型活动区。这个新构造单元既具有活动区的共同性,但同时又有其自身的特殊性;它们的特征和地槽活动区相比,既有其继承性和历史生因的内在联系,但

许多重要的铀矿,其同位素年龄少有超过 1.5 亿年的,并以 70—80 百万年的为特多。这些事实与这一时期地壳演化进入新的阶段,即地洼区在世界上广泛出现显然有关。

外生矿床以地洼盆地中的煤、油页岩、油气、沉积铀、铜、铁、膏盐等为最著。中国现知新生代油气田,包括大港、胜利、华北等油气田皆属地洼型。

2. 主要矿床类型方面

(1) 内生矿床的主要类型 再从矿床类型上说,地洼区的内生矿床以接触交代型、斑岩型、爆炸角砾岩筒型、陆相火山岩型、热水型等多见为特色。

接触交代型矿床多见于地洼型中酸性岩侵入于以碳酸盐岩石特别发育为特征的地台构造层中的地带,铁、铜、钨等矿皆有。如华北地洼区的邯鄲式铁矿,华中地洼区的大冶式铁矿和广布于长江下游的铜铁矿是。据统计,世界上的夕卡岩铁矿主要生于石炭纪以后,并以中生代为主要,其故在此。

斑岩型铜钼矿床广见于世界上各处地洼区,如东南地洼区赣东北各个斑岩铜矿、华北地洼区辽宁杨家杖子钼矿是其著例。世界上著名斑岩铜矿带之一的蒙古-鄂霍茨克(古亚洲)成矿带,以及另一条北美科迪勒拉成矿带,也都位于地洼区内,其形成时代皆在中新生代。依现有资料,世界上的斑岩铜矿绝大部分产于中生代,其中属中生代末—新生代者占总储量的 40%,属新生代者 40—50%,二者共占 80—90%。其余还有 5—15% 属中生代早期。可见这与地洼区在这一时期广泛出现及其发展过程有关。因为白垩—第三纪正是世界上大部分地洼区进入构造-岩浆活动最盛的“激烈期”。

爆炸角砾岩筒型矿床,也颇多见。如金刚石是其著例。金铜铅锌等也有此型矿床。

火山岩型矿床在地洼区,主要是优地洼区,常占有重要位置。例如宁芜式铁矿是。以前认为,火山岩型铁矿只限于地槽区,多海相,时代大都不晚于石炭纪。这种论点现已为地洼成矿理论所代替。地洼火山型铁矿主要为陆相,多与中酸性岩有关,常受断裂(特别是块断)控制,是其特色。

热水型矿床也是地洼区中常见的矿床类型之一。铅锌矿(如广西泗顶厂)、铋(湘)、汞(湘黔)、重晶石、铀(南部各省)、萤石等,许多以前认为“超低温矿床”者,多属此型。德国矿床学家施奈德洪提出的“再生矿床”,现已查明,实为西欧活化区第二成矿阶段的产物。

(2) 外生矿床的主要类型 在地洼区发展过程中所成的外生矿床以地洼盆地中的煤、油页岩、沉积铁矿等来说,其特色为:

1. 受地洼盆地控制,展布范围每呈短带状,成列散布。
2. 矿层厚度变化急剧,突然增厚减薄,尖灭、分叉等现象常见。品位变化也十分显著。
3. 含矿地层常很厚,故矿层数目也多,总厚度可以很大,故可在小范围内集中较大的储量。黑龙江省大雁煤田,地洼盆地面积仅有 320 平方公里,而其上侏罗统褐煤储量达若干亿吨。又如抚顺、茂名的油页岩,也以巨大储量著称。

地洼型油气田,以块断型、拱裂型为主。中国东部所有现知的新生代油田,皆生于地洼区发展余动期的张性地洼盆地中。任丘式古潜山油藏,是地洼型油田的另一特色。它们系地洼盆地中发生的油运移并储存于地台构造层的碳酸盐岩溶洞、裂缝里面的次生油藏。

线型风化淋滤型矿床,也是地洼区的一种重要矿床类型。因地洼区以断裂活动发育为特色,激烈-余动期中又常出现炎热而带周期性的干旱的气候。故在断裂切割先成矿床之处,在有利气候条件下,每可形成风淋型矿床,如线型风淋型铁矿是其中一例。这型矿床在加拿大的富铁矿床中,占有相当重要的位置。

3. 矿产的多样性和综合性方面

以上两点,只是地洼构造活动过程中所具有的成矿作用的一部分。更重要的另一特色,是在于它的矿产的综合性、多样性和复杂性,以及它的成矿作用对先成矿产的影响、改造和叠加表现得特别突出,为现已详知的其他构造单元所不及,主要有如下几点:

(1) 矿产继承性和成矿递进性十分明显 任何一种构造单元,既有其特有的专属成矿组合,又可继承该处地壳以前发展阶段所成矿产的余留部分。在地壳演化史上,后成的构造单元把先成构造单元的矿产的残留部分继承下来的现象,叫矿产的继承性。出现越晚的构造单元所继承的矿产大地构造类型越多,种类越复杂,从而表现出成矿递进性。地洼区是现知的几种大地构造单元中出现最晚的一种,因此其继承的矿产也最多,最为复杂多样,综合性最强,丰富多彩。

(2) 多阶段矿产的叠加现象广泛存在 由于地洼区具有上述的成矿特点,便常出现了多阶段成矿叠加的现象,即在地洼区内或其中某一分区的小范围内,可以同时出现多个不同发展阶段的矿产,有时甚至同一矿种的不同矿床,共生一起。例如,就湖南中南部而论,既有地槽阶段的江口式沉积变质型铁矿,又有地台阶段的宁乡式铁矿,还同时存在着地洼阶段的夕卡岩型铁矿。

在国外,成矿叠加现象近年也已逐渐为人们所重视,有人称它为“矿床共处”现象。如果用中国式的形容词,不如叫做“多代同堂”,这要比“共处”具有更为确切的意义。

(3) 地洼成矿作用对先成矿产的影响、改造、叠加、等现象至为重要 在地洼区发育过程中,由于岩浆活动,构造运动和变质作用几个方面都较强烈,因此,对于先成矿产有时可以发生十分重大的影响。这几个方面的影响可以是单独进行的,但更多的情况下是综合地进行。影响的结果可以是破坏性的,但也可以是建设性的。后者主要表现在改造作用和叠加作用两个方面:

1) 改造与再造作用

① 地洼岩浆把先成矿层或矿体改造、富化,变为更有工业意义的矿床。或把矿源层中分散的成矿物质富集,再造、形成工业矿床。

② 褶皱、断裂等构造运动使先成矿层或矿体通过塑性流动发生定向迁移,朝某个有利的构造空间集中,加大或(及)富化;或使矿源层中分散的成矿物质富集在某一构造部位,再造形成矿床。

③ 变质作用使先成矿层或矿体发生变质、富化。或通过变质热液把矿源层中分散的成矿物质运移富集,再造成为工业矿床。

④ 地下水溶液或热液把先成矿层或矿体改造富化,或使矿源层里分散的成矿物质运移,集中于有利的层位或构造部位,再造形成矿床。

2) 叠加作用

地洼岩浆、变质热液或地下水等作用,带来新的成矿物质叠加在先成矿床的基础上,

共同构成一个新的矿床。

上述两个方面的影响作用,有时是单独进行的,但更多的情况下,是二者都有,即既有改造作用,又有叠加作用。共同结合,这就常可使原有矿床的特征变得很复杂,既在一定程度上保存有初次成矿时期的面貌,又增添了后来另一次或多次的成矿作用的特点。这类矿床,在形态上往往既可具层状,又具脉状、囊状或不规则状:有时多种形态的矿体并存,有时且呈穿插关系。

在第一节中,我们举出过两个矿床例子,它们表现出既有沉积或沉积变质特征,同时又有热液-接触变质特征。从上文所述,我国于中生代进入地壳演化新阶段的成矿作用重要性看来,白云鄂博、石碌等矿床之所以成因问题复杂、长期争论不决,其原因可以比较易于找到的。换句话说,地洼区的成矿特点就是这类矿床中大部分的发生原因。

三、多因复成矿床

(一) 定义和特点

今天所见赋存于地壳中的各种矿床,特别是时代较老的矿床,生成以后,大都受过或多或少的变化和改造。从1975年开始,著者[1977, 1978]所提出的多因复成矿床,是专指那些如同前述两个例子那样的,由于不止一次的成矿作用的综合结果,以致明显地同时具有多方面的成因特征的一类矿床。它们往往无论归入内生还是外生矿床都不合适,只有划分出来列为第三种成因类型的矿床,才易于认识并阐明其形成机理及时空分布规律,明确找矿方向。

多因复成矿床的主要特点是三多,即多成矿阶段,多物质来源,以及多成因类型。

产生多因复成矿床的不同成矿作用和成矿物质,可以来自同一含矿区内地壳演化过程中的不同基本阶段(如前地槽阶段、地槽阶段、地台阶段、地洼阶段等),也可以来自同或不同基本阶段中不同的次级阶段(例如地洼区的早、中、晚期,如此类推)。

(二) 多因复成矿床的主要成矿模式

多因复成矿床是多种多样的,包含很广,差别也大,每因大地构造发展史和成矿条件不同而异。据现有资料所及,依它们共同的成因特点,大致上可归纳为三种模式,即叠加富化、改造富化和再造富集。在各个模式中,又可分为若干种形成方式,有如下列:

1. 叠加富化

经历过两个或多个大地构造成矿阶段,较后阶段的岩浆活动、变质作用或其他成矿作用,单独或综合地带来新的成矿物质,或者形成新的矿床,叠加在较早阶段的被作为基础的矿床之上(一般还兼有改造),互相结合,从而构成一类多因复成矿床。这类矿床往往最为复杂,品位大都比原矿床高,成为富矿者不少。其中可分为如下的几种形成方式:

(1) 沉积+热液或(及)接触交代型 例如上述的白云鄂博的铁-稀土-铌矿床,是以长城系白云鄂博群石灰岩-砂岩-泥岩(局部变质为白云岩、石英岩及板岩)中的沉积铁

矿床为主要基础,在其上叠加了由于海西—印支期花岗岩热液(交代)作用产生的稀土及铌(本矿所含这些矿物大部分属于这一来源)矿床,二者紧密结合而形成的。这个多因复成矿床在不同部位的叠加(及改造)的情况有所不同。在西矿范围内,沉积成因的基础矿床原有面貌保存较好,且业经最近钻探证实(已见第一节)。主东矿则叠加的稀土、铌等(可能还有铁)较多,基础矿床所受的改造也较大,所以铁的品位也较高,即富化较明显。

云南腾冲的滇滩铁矿,其基础矿床是石炭二叠纪灰岩建造中的沉积铁矿床,于燕山期叠加上花岗岩岩浆所生的热液-接触交代型矿床(并被改造),因而形成的。

(2) 沉积变质+热液或(及)接触交代型 这可以上述的石碌式铁矿为代表。它是以古生代(具体时代有争论,一说寒武奥陶纪,一说石炭二叠纪;依伍勤生,其年龄为541—588百万年,属下一中寒武系,已如前述)石碌群中的碳酸盐岩-碎屑岩建造中的沉积变质(指区域变质)矿床为基础,受到中生代花岗岩侵入体的热液交代作用的改造,又叠加了夕卡岩型矿床,或者结合并富化而成的一种多因复成矿床。在石碌矿区内,含铁矿层位除 SL_6 为主外,还有 SL_7 也较重要。依野外观察,这两个含矿层实属于两个地层群,即是说,旧称为石碌群者,包含有上下两个不同的地层,其间隔着一个明显的不整合,而且不整合面上下两个地层之间无论在构造型相、变质程度还是沉积建造等方面都有差别。 SL_6 以下各层,受过更强烈的构造变动,褶皱属紧闭型,且发生过区域性变质,而 SL_7 以上各层,则所受构造变动较轻,褶皱属宽展型,且未受过区域性变质(只见与花岗岩邻近处发生接触变质)。另据袁奎荣等于1979年所作的岩组分析, SL_6 的白云岩受过北北东-南南西水平挤压的痕迹,(挤压方向与该地层在该处的褶皱方位所反映者相一致),而 SL_7 的砂岩则无此特点。冷盛强,李佩兰所作关于该处富矿的物理化学条件实验研究,也证明 SL_6 层与 SL_7 层的变质过程是不一样的, SL_6 所受的动力作用远较 SL_7 者强烈。这两种室内工作都证实了 SL_6 与 SL_7 之间的不整合关系确有存在。所以,真正的石碌式铁矿,应指以 SL_6 及更低层位的铁矿层为基础的那些铁矿床。这型矿床之所以既大且富,基础矿床固为因素之一,但后期叠加改造的作用也十分值得重视。

辽宁弓长岭式铁矿,是以太古界鞍山群中的沉积变质铁矿为基础,后经热液改造和叠加,因而富化的。

(3) 火山沉积或火山沉积变质+热液或(及)接触交代型 如云南的大洪山式铁矿等。

2. 改造富化

指由于岩浆热液、地下水溶液或热液、构造等,单独或综合作用,使先成矿床受强烈改造(有时还有少量叠加),因而形成的多因复成矿床。这种多因复成矿床,往往可因经过改造(或改造为主,还可有叠加)后,品位相对提高,或者呈塑性流动集中到某一有利层位或构造部位,从而形成更有工业价值的,多呈脉状囊状,也可为层状、似层状,或其他形状的矿床。形成方式现知的主要有热液改造型、构造改造型等。

(1) 岩浆热液改造富化型 指那些其改造原因系由于岩浆热液,或以热液为主(附有其他因素)所成的多因复成矿床。其中又可分为:

① 沉积+热液改造型 最显著的例子为湖北大冶铁矿。该矿以前认为是单纯的夕卡岩型矿床。近年发现其围岩中还含有菱铁矿。以铁山矿区为例,除磁铁矿1.3亿吨

外,还有菱铁矿 1 千万吨。菱铁矿有受过轻微交代熔融现象,有时呈细脉状。品位一般 30—40%,少数 20—30%,个别 45%。周圣生¹⁾认为,铁山的磁铁矿,其原矿床是三叠纪菱铁矿,因受燕山花岗闪长岩的热液交代作用,大部分变为磁铁矿。现见的菱铁矿,实为改造后的残留部分。

湖南东部泥盆系的宁乡式铁矿,也有一部分因受中生代岩浆活动影响,发生改造富化,形成多因复成矿床。据统计,茶陵、攸县一带 29 个宁乡式铁矿区中,有 9 个因此而还原磁化,由原矿床的赤铁矿部分地变为磁铁矿,并使矿石品位相对提高。例如,茶陵老槽泊磁铁-赤铁矿,含铁品位可增至 50.21%;潞水赤铁-磁铁矿,增加至 43.2%;清水赤铁-磁铁矿,增至 45.76%。湖南汝城大坪的宁乡式铁矿也是这样,含铁品位增至 43.2%,而在所有上述例子的邻侧,未经这种改造的矿石(即原生矿床),含铁品位一般较贫。

此外,华北长城系宣龙式铁矿,一般为赤铁矿;在遇到燕山花岗岩的地方,也发生变质成磁铁矿,富矿品位达 50%。

② 沉积变质+热液改造型 例如陕西柞水大西沟的多金属菱铁矿床,见于中泥盆统,含铁碎屑和碎屑碳酸盐岩建造中,呈层状并受含矿层位的控制。矿石以菱铁矿为主,还有少量磁铁矿和一些磁铁矿化的菱铁矿。此外,还有伴生元素铅锌等多种金属。磁铁矿有些呈细脉状。脉石矿物有绢云母、石英、堇青石,少量斜长石等。区域变质是本矿磁铁矿化的原因之一。但可能还有后来热液作用的改造。

湖南震旦系江口式铁矿,在烂阳一带一般为赤铁矿,产在震旦系江口组中。在河口等地虽有磁铁-赤铁矿,但其中磁铁矿的比率只占 10%,这些沉积变质铁矿含铁品位一般仅 26—30%,颗粒很小,十分难选。但在祁东关帝庙,因受燕山花岗岩侵入的影响,磁铁矿的比例增至 50% 以上,颗粒也变粗,选矿较易了。

他如云南鹅头厂铁矿,生于元古—震旦系昆阳群中。其原矿床为沉积变质型,在受中生代花岗岩影响部分,也明显富化。

③ 火山沉积+热液改造型 西藏安多当曲(唐古拉山)菱铁矿床,具有这种特征。原矿层产于中侏罗统雁石群中;该地层由一套浅海相、海陆交替相砂岩、泥岩、灰岩沉积,局部夹石膏层及偏碱性的酸性火山岩组成。矿体主要部分为菱铁矿,呈似层状、透镜状顺层产出,与围岩产状基本一致,界线清楚,铁品位为 30—40%,但同时还有镜铁矿,往往呈脉状产出,斜交层理,并常穿插在菱铁矿矿石内,其铁品位增高达 50% 以上。有时则呈侵染状散布在菱铁矿石和脉石矿物之间,有交代菱铁矿现象,使后者出现微弱蚀变。上述各点说明本矿是由原生菱铁矿经过部分热液改造及交代作用而形成的多因复成矿床。

(2) 构造改造富化型 这型多因复成矿床,是指由于原矿床因受后来褶皱、断裂等构造作用,致被改造而形成的。在构造作用进行过程中,有时还可有岩浆热液、热水或变质等作用伴随着。这型矿床也常可使品位增高,且每可使矿体变形或通过塑性流动而集中在某一有利构造部位,形成矿柱或富矿包。较常见的形成方式有褶皱改造型和断裂改造型,二者可以单独出现,也可相伴产出。

构造改造多因复成矿床的原矿床,多为沉积或沉积变质矿床,也有为火山沉积或火山沉积变质矿床者。较著名的例子有湖南雪峰山及湘西的乌峰式石煤,呈裂隙型,其原矿层

1) 周圣生:我国菱铁矿矿床的基本地质特征及其找矿标志和问题。1979 年中国科学院铁矿会议文件。

产于震旦-寒武系中,因受中生代断裂活动的切割,沿断裂带作塑性流动,充填于有利的构造部位,其形成机理与衬垫构造相似。经过这样的改造后,矿石已变质成为炭沥青石煤,其发热量比原矿层者提高2—4倍,最高可达3500卡/克。矿体特征为常呈断层角砾状,与围岩有明显的锯齿状穿切关系,并常伴生石英脉。矿体厚度0.4—0.3米,遇适宜的构造部位(例如正断层断层面倾角增大地段)时,可成富矿包,厚度偶达30米,显系受断层面产状变化规律控制。附带指出,依童玉明¹⁾研究,湖南中部的石煤,有一部分系属炭沥青,为

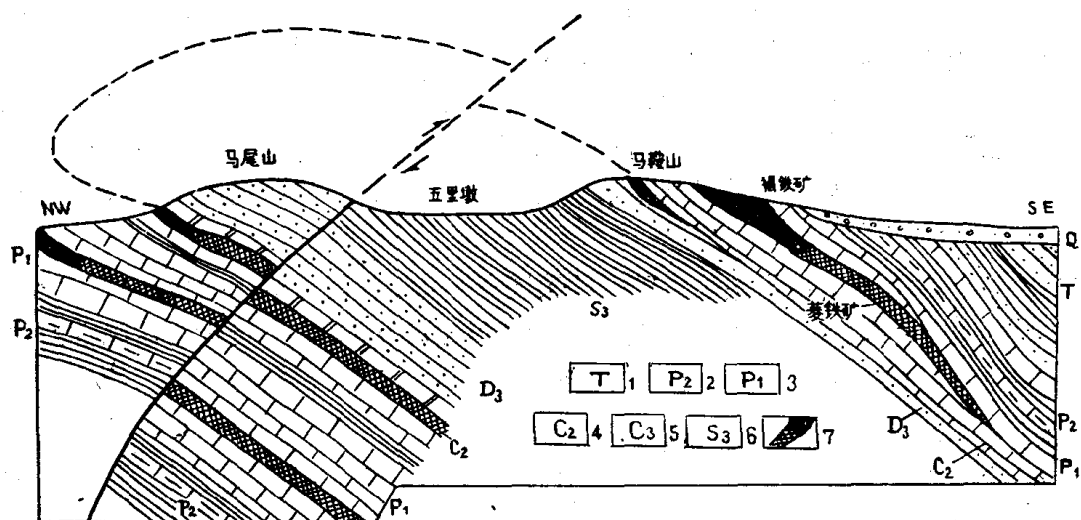


图5 湖北黄梅菱铁矿矿床地质剖面图

(依湖北冶金地质勘探公司地质处)

- 1——蒲圻群砂页岩,大冶组灰岩; 2——龙潭组页岩、泥灰岩; 3——茅口组、栖霞组硅质岩、燧石灰岩;
4——黄龙灰岩、白云岩; 5——五通组砂岩; 6——砂帽组砂页岩; 7——褐铁矿及菱铁矿。

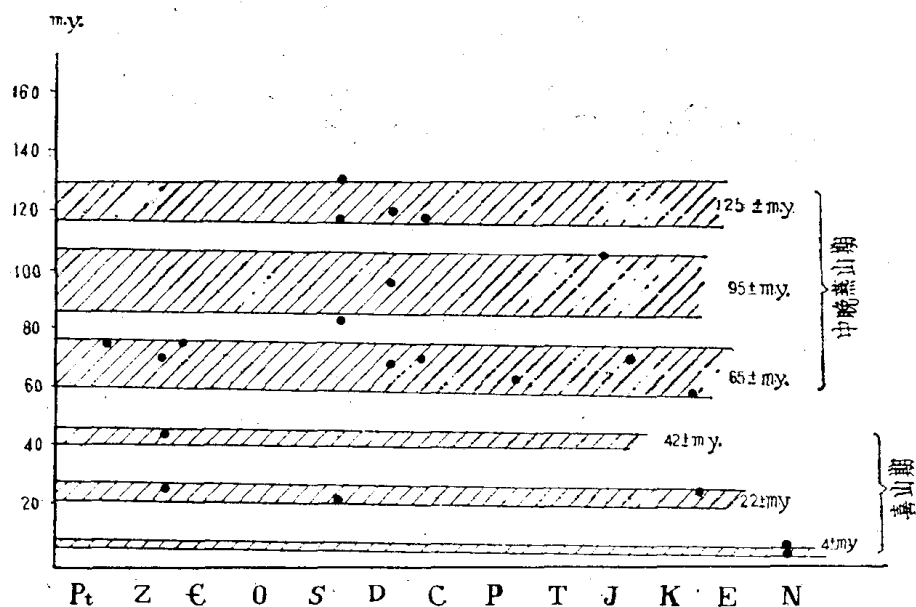


图6 中国一些层控铀矿的含矿层位及成矿时代的关系

1) 童玉明: 1980, 从多因复成再造富集型黄材炭沥青矿看湖南早古生代油气前景。大地构造与成矿学,第4卷,第1期。

石油演变的产物,来源于准油矿物或真正石油的迁移、富集和经地沥青、石沥青和炭质沥青等阶段变质而成的再造富集型多因复成矿床。

(3) 地下水改造富化型 这是由地下水溶液或热液,特别是含 CO_2 的地下水,或以之为主要作用而使先成矿床富化所成的多因复成矿床,较著名的例子有湖北黄梅式菱铁矿,其原矿床是含于中石炭统黄龙组及上二叠统栖霞组中的菱铁矿层,层位固定(图5),色青灰,粒鲕较细(0.02—0.25毫米),品位平均为33.83%。但大部分已变为米黄色,粒鲕变粗(0.4—0.8毫米),品位也提高了,平均达39.25%,且往往从原有层位伸出小脉,充填于各种裂隙中。关于这矿床的成因问题,颇有争论。一说为沉积矿床,其证据是有一定层位,与上下层同属于一个含矿地层的不同组成部分。另一说则认为是热液矿床,因为一部分矿体与地层斜交,具有裂隙充填特征。据现有资料,可能为后期构造使它在改造过程中,地下水循环作用使有益组分重溶、改造而成。孙家富¹⁾的研究结果已经证明了这一观点。

依廖士范²⁾的论述,贵州铁矿山矿区的菜园子矿段,其沉积成因的层状青灰色菱铁矿在标高2150米以上,被改造为米黄色并形成囊状和脉状矿体。贵州水城观音山的菱铁矿,在海拔1200米以下,有10%±被改造成米黄色,其余为青灰色致密状;在1200米以

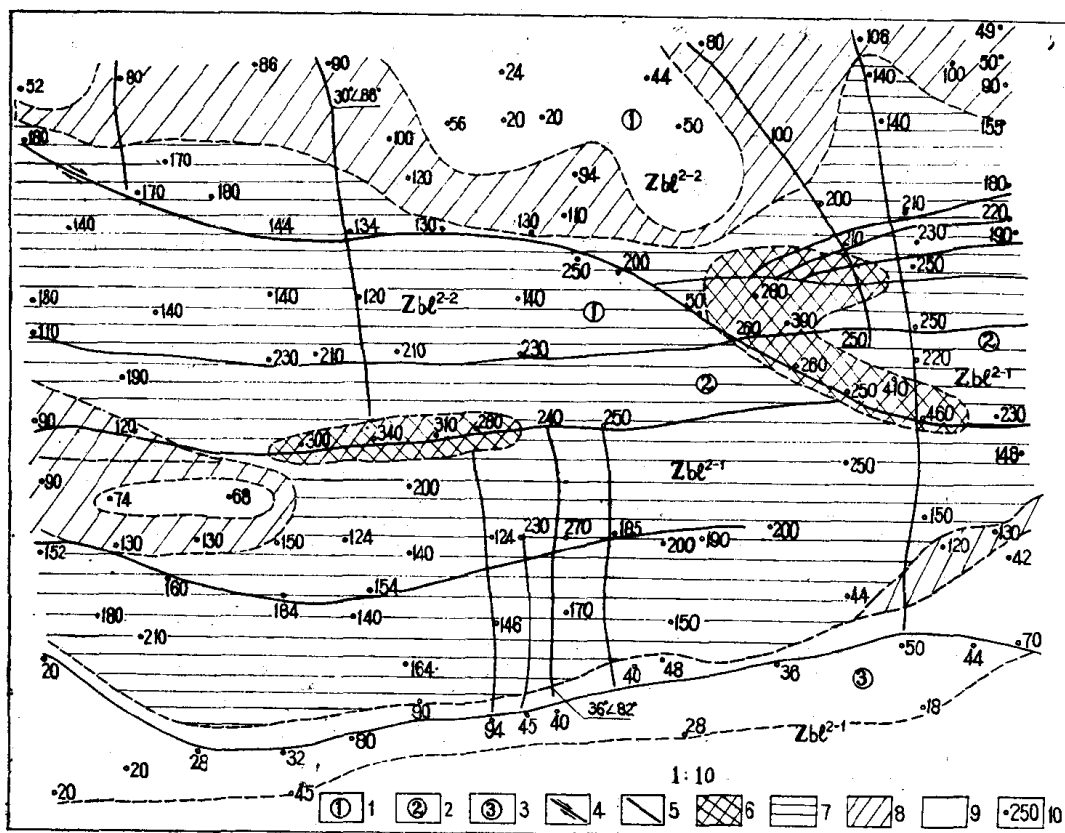


图 中国某地铀矿床剖面,示矿化强度沿断裂增大,并且矿化带切割不同岩层

1——粘土质白云岩; 2——粘土质硅质板岩; 3——硅质板岩; 4——断层; 5——裂隙;
6—9——铀矿品位,依次为0.1%, >0.05%, 0.03—0.005%, <0.03%; 10——r值。

1) 湖北冶勘地质处: 湖北省几种菱铁矿床的基本地质特征及成矿规律。1979年3月。

2) 廖士范: 海相碳酸盐岩中沉积改造菱铁矿床及其沉积改造机理。沉积学及有机地球化学学术会议文件。1979。