

华东地质研究所谢斗克和南京大学徐金荣(1978~1979年)提出风化淋滤—溶洞堆积矿床,认为成矿期晚于淄河断裂形成期,成矿作用至今仍在进行。

山东地矿局部分同志认为,矿床属中低温热液—氧化淋滤复式成因,铁质来源于岩浆深部分异作用派生的热液;也有部分同志根据铁质的来源、菱铁矿的成因和菱铁矿与褐铁矿的关系等认为,矿床成因应为层控矿床,成矿作用可划分为四个阶段。

问题的提出

1983年上半年,笔者对山东淄河式铁矿的黑旺、文登、店子三个大型铁矿床进行了考察,认为有些地质现象用上述矿床成因理论不能得到圆满的解释。譬如:

1. 矿化特点既不同于外生矿床,也不同于内生矿床,而是介于内、外生矿床之间,非此非彼,亦此亦彼。

2. 某些矿化虽有热液特征,但找不到与其有直接成生联系的岩体。

3. 铁矿床严格受淄河断裂带、裂隙和破碎带的控制,也受到岩溶的控制。矿体产状并非都与地层产状一致。

4. 层状矿体顶部和脉状矿体的边缘,有大量重晶石出现。重晶石常与矿体伴生,且各矿化阶段均有出现。

5. 矿床不受固定层位制约,多与不同岩相的岩性有关。

6. 常见硅化、重晶石化、方解石化等蚀变,但蚀变类型简单,蚀变弱,不具分带性。

7. 矿石物质组成较为复杂,硫、磷含量低,矿体厚度和厚度梯度大。

鉴此,笔者提出淄河式铁矿床的成因应属地下渗流含矿热卤水成矿;铁质来源是多源的。

矿床地质特征

淄河式铁矿分布区的大地构造位置在阴山和秦岭两大纬向构造带之间,属新华夏系第二隆起带西缘,沂沭断裂带西侧,鲁西旋卷构造的外旋

层。区域性构造以断裂为主,褶皱次之。淄河断裂带及其以东的五井断裂带,以西的禹王山断裂带、文祖断裂带,展布于鲁西弧形构造的东北部,呈放射状排列。区域地层有太古界、古生界和中生界;燕山期岩体分布零星,第四系分布局限。黑旺、文登、店子三个大型铁矿床集中分布于淄河断裂带中(图2)。

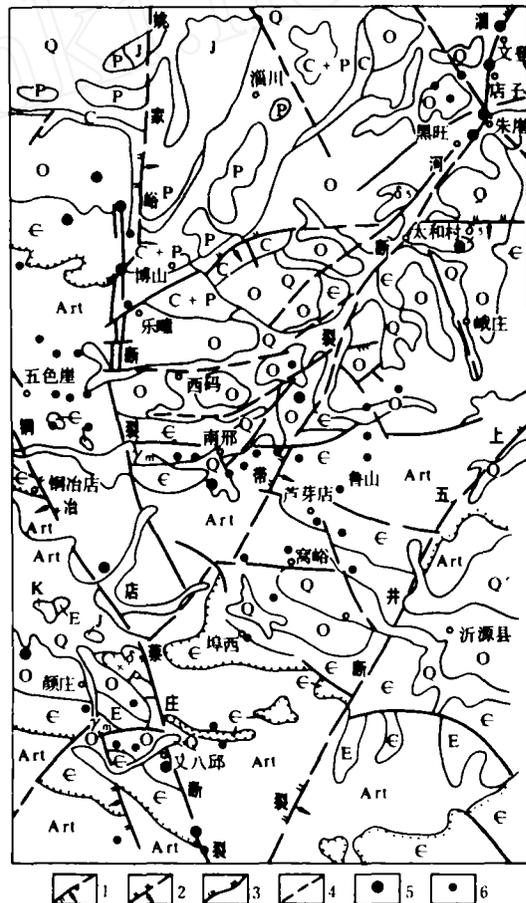


图2 断裂构造及淄河式铁矿分布图

(据山东一队铁矿资源总量预测设计书)

1—正断层; 2—逆断层; 3—逆冲断层; 4—性质不明断层; 5—矿床; 6—矿点

1. 赋矿围岩与构造 自太古界泰山群至古生界均有铁矿产出,其中最有利赋矿层位是中奥陶统马家沟组二、四段和上寒武统凤山组一、二段,主要岩性为厚层状灰岩、白云质灰岩和条带状、竹叶状灰岩(表1)。

赋矿构造以断裂为主。淄河断裂为其主体构

矿区主要地層表*

表 1

层位	岩性简述	厚度, 米
第四系	黄土层及砂砾岩 (Q)	40
中奥陶统	灰色厚层状灰岩 (O ₂ ¹)	120
	浅灰色灰岩与白云质灰岩 (O ₂ ²)	95
	灰色含燧石结核灰岩及豹皮状灰岩 (O ₂ ³)	120
	灰黄色角砾状灰岩 (O ₂ ⁴)	70
	灰色厚层状灰岩 (O ₂ ⁵)	170
	灰黄色薄层泥质灰岩及白云质灰岩 (O ₂ ⁶)	44
下奥陶统	厚层白云质灰岩, 上部含有燧石结核 (O _{1y.l})	55
上寒武统	泥质条带灰岩, 竹叶状灰岩, 上部为白云质灰岩 (E _{3f})	198
	灰岩, 竹叶状灰岩和条带状灰岩夹页岩 (E _{3j})	100
	竹叶状灰岩, 黄绿色页岩夹灰岩结核 (E _{3k})	70

* 据山东地矿局第一地质队资料。

造, 深切基底, 展布方向为北东30°, 大致与淄河河谷相吻合。根据淄河断裂与岩体、矿体的相互穿插关系, 表明该断裂具有长期、多次活动的特点。它严格控制了矿床的分布和矿体的规模、产状。

2. 矿体形态特征 矿体形态复杂, 变化大。主要呈层状 (似层状)、脉状、不规则状。层状 (似层状) 矿体多分布于淄河断裂带及其层间剥离、层间裂隙中; 脉状矿体受断裂和裂隙控制, 分布广泛; 不规则矿体主要产于地表浅部溶洞中, 以鸡窝状、哑铃状和囊状居多。

3. 矿石自然类型及其结构构造 矿石自然类型主要为褐铁铁矿石、菱铁铁矿石, 次为赤铁铁矿石、赤铁矿—褐铁铁矿石、镜铁矿—褐铁铁矿石等。矿石结构主要为粒状、交代残余状和鳞片状; 矿石构造有致密块状、脉状、蜂窝状、钟乳状、网格状、葡萄状和角砾状。

4. 矿石的物质组分 主要金属矿物有褐铁矿、菱铁矿, 次为赤铁矿、镜铁矿、铁白云石、铁方解石, 少量硬锰矿、软锰矿, 极少量的有黄铁矿、黄铜矿、孔雀石、方铅矿。脉石矿物主要为方解石、石英和文石。

褐铁铁矿石品位较富, 菱铁铁矿石含铁较贫 (表 2)。两种矿石中硫、磷含量均较低。

5. 围岩蚀变 矿区围岩蚀变一般较弱。主要有赤—褐铁矿化, 分布广泛; 重晶石化, 常发

育于矿体顶部和边缘; 硅化, 具多期性, 主要形成硅化灰岩; 碳酸盐化, 广泛发育于矿体附近的灰岩中, 常形成方解石脉和含铁方解石脉。

矿石品位表 表 2

矿区	褐铁铁矿石, TFe (%)		菱铁铁矿石
	一般	最高	TFe (%)
黑旺	43~50	61.35	23.97~37.42
店子	50	56.22	
文登	40	58.12	

渗流含矿热卤水在成矿中的作用

1. 铁质来源 笔者认为, 淄河式铁矿的铁质来源有三: 一是深层地下热卤水所含的铁; 二是深层、中层地下热卤水在上升渗流过程中对各种围岩中铁质的溶滤; 三是中奥陶世和晚寒武世含膏盐地层所产生的卤水对地层本身所含少量铁质的溶解。前二者是主要来源。

在淄河式铁矿分布的广大地区, 太古界变质岩系分布广。它们在一定温度、压力下, 在变质过程中可生成部分变质水。这种水具有卤水的性质, 可大量溶解变质岩系中的铁质。区内燕山期岩浆活动比较频繁, 在挤压应力作用下, 可产生再生岩浆水。这种水可与岩浆期后分异出来的热液混合, 也具有卤水性质, 同样可将岩浆岩和其他岩石中的铁质溶滤出来。中奥陶统马家沟组二

段(O₂)灰岩含Fe₂O₃0.68%，四段(O₂)灰岩含Fe₂O₃0.59%；上寒武统凤山组(Є_{3r})灰岩、白云质灰岩含Fe₂O₃1.44%。尽管这些岩层含铁不多，但因其中有含膏盐地层，亦易于形成卤水，从而溶解围岩中的铁质。

总之，深地层水、变质水、岩浆水和膏盐地层中产生的卤水，均可从各自所在的岩石中溶解获得大量铁质，汇集成渗流含矿热卤水，为铁矿的形成提供物质来源。而断裂构造，为这些含矿热卤水的上升、运移，乃至储存提供了有利条件。

2. 成矿作用过程

(1) 含矿热卤水的形成 该区下层卤水主要来自上地幔（有人称之为“初生水”）和地壳下层；中层卤水主要指太古界岩石变质时产生的变质水、部分再生岩浆水及其与期后热液的混合水；上层卤水主要是成岩过程中沉积岩层原地封存水和部分膏盐地层生成的卤水。它们之间是互有联系的一个整体。

地下卤水的广阔来源，不仅与矿区构造有

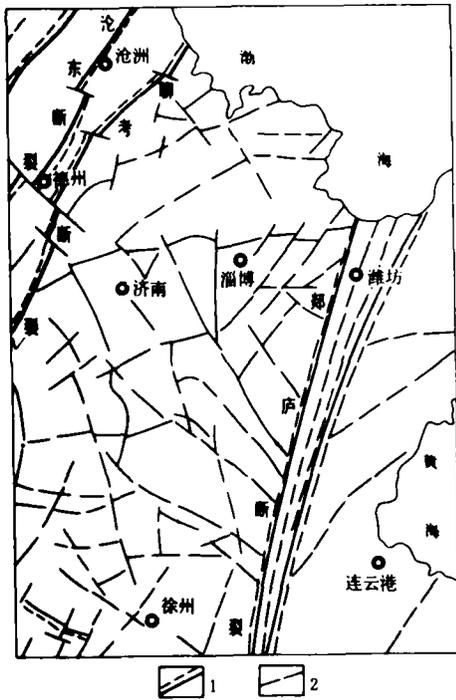


图3 郟庐断裂带及其派生的入字型构造简图
1—深大断裂；2—断裂

关，而且与大区域的构造体系有关。据“华北地台中南部邢式铁矿成矿远景区划报告”提供的资料，淄河式铁矿的深部地质构造分区，属于鲁西上地幔拗陷区的次级凹陷——沂沭上地幔凹陷。从控矿构造来看，郟庐深大断裂和聊考深大断裂控制了整个鲁苏皖成矿带。为此，卤水的来源可能与郟庐断裂带及其派生的大型入字型构造、鲁西旋卷构造的弧形断裂，和弧形断裂派生的淄河、五井、禹王山、文祖等断裂均有联系（图3，图4）。

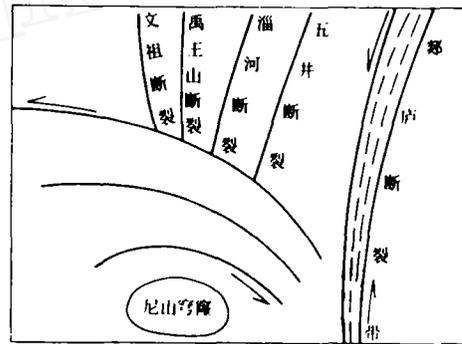


图4 郟庐断裂带及其派生的鲁西旋卷构造示意图

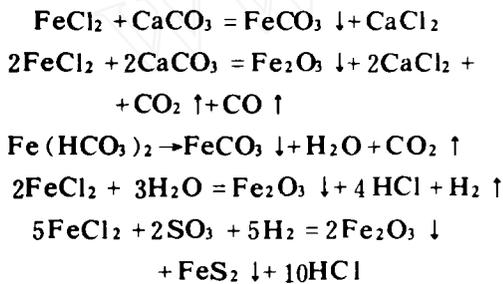
地下卤水的温度可从40~50℃到300℃以上。据B. R. Doe对索尔顿海地热卤水矿床的研究，富NaCl的蒸发盐岩溶解，卤水至少被加热到360℃。在淄河地区，至中生代上覆地层厚度已达2000余米，按正常地温梯度计算，地下卤水温度可达60~200℃以上。再加上构造运动与岩浆活动的影响，使其温度、压力的上升，会使卤水具有很强的溶解铁的能力；太古代至古生代地层中的大量铁质被溶解带入溶液，形成含矿热卤水。

(2) 含矿热卤水的驱动与铁质的运移 地下卤水驱动上升的原因主要是温度差和压力差造成的。该区断裂构造的发育为含矿热卤水向地壳浅层运移打开了通道。断裂构造的长期、多次活动，使地下卤水的驱动上升也具有多次活动的特点。铁在地下卤水中大多是以络合物的形式迁移、搬运的。但A. П. 巴甫洛夫认为，在较高还原电位的碱性溶液中，铁的迁移形式主要为氰铁络合物、碳水铁络合物、氨碳水铁络合物。因此，该区也可能有少量铁质呈这种络合物形式运移。

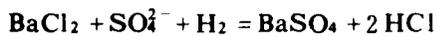
(3) 含矿热卤水的成矿作用 含矿热卤水成

矿作用的最大特点就是与断裂构造密切相关。该区鲁西旋卷构造控制着各种金属矿床的分布，铁矿床主要受淄河、五井、禹王山、文祖等放射状断裂控制。这些断裂产生在弧形断裂转弯处；靠近弧形断裂一端收敛，应力集中，岩石破碎。特别是淄河断裂深切基底，在与其他断裂交汇处，为卤水成矿提供了赋矿空间。因而，该区铁矿多集中于淄河断裂带中。

当含矿卤水上升至地表水体底部时，由于温度、压力的不断下降，特别是与潜水径流带的地下水混合，使溶液的化学成分、pH、Eh等发生变化，或其与围岩反应，均可导致铁质沉淀。含矿热卤水成矿的可能反应式如下：



随着铁质的沉淀，卤水中富集的钡和造岩元素也开始沉淀，生成重晶石和部分蚀变矿物，如方解石、石英、文石等。重晶石生成的反应式可能是：



重晶石的出现，是含矿热卤水成矿的一个重要成因标志。

矿床成因

卤水既可在地表水体底部以沉积方式成矿，又可以地下充填或交代的方式成矿。在生成卤水的过程中，晚寒武世和中奥陶世含膏盐地层中的膏盐大部分被溶蚀，形成了膏（盐）溶角砾岩层，这即为地下含矿卤水的运移和铁矿的形成提供了通道和储矿空间。因此，膏盐地层与成矿也有密切的关系。这也是铁矿的赋存层位多集中在中奥陶统和上寒武统的缘故。

根据矿石矿物的相互关系、结构构造，可将本区卤水成矿分为四个阶段：

(1) 褐铁矿—菱铁矿阶段 首先是地壳中、

上层含矿热卤水直接与地下水反应或与中奥陶统一上寒武统灰岩交代，生成褐铁矿和菱铁矿。以充填方式生成脉状矿体，以交代方式生成层状（似层状）矿体。交代生成的菱铁矿颗粒较细，呈青灰色；前人称之为“灰矿”。之后，由于 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ 分解而成的 FeCO_3 对“灰矿”进行改造、加富，或沿“灰矿”裂隙交代，生成黄白色菱铁矿，称为“黄矿”。“黄矿”晶体粗大，一般呈脉状或透镜状穿插或夹杂在青灰色菱铁矿之中。

(2) 赤铁矿—镜铁矿阶段 此阶段矿化较弱，围岩几乎未见赤铁矿化。主要是含矿卤水沿着先期生成的褐铁矿和菱铁矿的裂隙进行交代，生成脉状或团块状赤铁矿；局部交代完全者可形成致密块状赤铁矿。镜铁矿主要由赤铁矿变来，呈鳞片状集合体分布或不均匀地散布在赤铁矿和褐铁矿中。

(3) 石英—硫化物阶段 主要是深层强还原含矿热卤水上升至地壳浅层，除继续沉淀出一部分铁质外，有较多石英生成，并生成少量黄铁矿、黄铜矿和方铅矿。

(4) 氧化淋滤—溶洞堆积阶段 有人认为，这个成矿作用至今仍在进行。由于该区构造发育，岩石破碎，岩溶发育，主矿体又在淄河河床之下，因此先期生成的铁矿氧化淋滤作用强烈，带出的铁质可在原地对矿石进行加富或呈脉状沉淀，或迁移至溶洞中堆积而成褐铁矿，一般矿石品位较富。矿物生成顺序见表3。

矿物生成顺序示意图表 表 3

成矿阶段 矿物	褐铁矿— 菱铁矿阶段	赤铁矿— 镜铁矿阶段	石英— 硫化物阶段	风化淋滤— 溶洞堆积阶段
白云石	—	—	—	—
石英	—	—	—	—
方解石	—	—	—	—
重晶石	—	—	—	—
褐铁矿	—	—	—	—
菱铁矿	—	—	—	—
赤铁矿	—	—	—	—
镜铁矿	—	—	—	—
针铁矿	—	—	—	—
硬锰矿	—	—	—	—
软锰矿	—	—	—	—
黄铜矿	—	—	—	—
黄铁矿	—	—	—	—
孔雀石	—	—	—	—
成矿温度	低—中温	中温	中—低温	地表温度

综上所述, 可以认为淄河式铁矿床的成因应属地下渗流含矿热卤水成矿。

结 论

1. 淄河式铁矿系地下含矿热卤水的成矿作用而成, 最后经历了氧化淋滤—溶洞堆积成矿阶段。铁质主要来自地下卤水本身及卤水上升过程中对各种岩石中铁质的溶滤, 少量铁质来自中奥陶统和上寒武统沉积岩层中。

2. 卤水主要来自地壳的下层、中层、上层, 以中、下层卤水为主。其中包括部分变质水和岩浆水。卤水驱动上升的动力主要是温度差和压力差。

3. 卤水成矿的主要成因标志

① 卤水成矿方式可以在地表水底部沉积成矿, 也可以在地下充填或交代成矿。成矿作用介于内生与外生矿床之间。虽有热液矿化特点, 但

找不到与其有直接时空联系的岩体。

② 铁矿床严格受淄河断裂带、层间剥离、层间裂隙控制, 矿体产状并非都与地层产状一致。

③ 矿床顶部和边缘有大量重晶石出现, 并与铁矿相伴相存。

④ 矿床与地层岩性有一定关系, 但不受固定层位制约。

⑤ 蚀变类型简单而弱, 主要为重晶石化、硅化、方解石化等蚀变。

⑥ 矿物成分比较复杂, 硫、磷含量低, 矿体厚度和厚度梯度变化较大。

4. 该区断裂构造具有长期、多次活动的特点, 卤水成矿也具有多次成矿的特点, 对早期铁矿的改造、加富起了重要作用。

主要参考文献

- [1] 姜齐节等: 地质与勘探, 1980, 第1, 2期
- [2] 戴问天: 地质与勘探, 1978, 第7期

Origin of the Zihe (Or Zhuya) Type Iron Deposits in Shandong Province

Chen Fulun

(No. 325 Geological Brigade, Bureau of Geology and Mineral Resources, Anhui Province)

Abstract

The Zihe type iron deposits, with a complex genesis, are distributed in central Shandong province. As to their origin there are various view points, but the author believes that they are of underground seeping hot brine metallogenesis. Iron ore materials are derived from many sources, among which the brine itself and the lixiviation of iron in wall rocks by the brine during its uprising seepage flow are the two main ones. A minor one is the dissolution of gypsiferous formations by the brine formed by the middle Ordovician and upper Cambrian gypsiferous formations. Ore deposits are generated either by deposition at the bottom of the surface water body or by metasomatism or by filling at depth. The Zihe type iron deposits have both exogenic and endogenic mineralization features. No igneous rock body bearing a direct genetic relationship with the iron ore has been seen. A large amount of barite are associated with the ore. The emplacement of the ore deposits are not restricted in a given horizon. The ores have a rather complex mineral composition. Of the ore deposits the thickness varies greatly. The alteration is of a simple type and the ore deposits distribution is controlled by Zihe fracture belt.