

双井子铁矿特征及成因探讨

杨来耕

(西北冶金地质勘探公司第五勘探队)

双井子铁矿是甘肃北山双井子—黑鹰山铁矿成矿带中的一个小型富铁矿床。过去,认为该矿床是夕卡岩型矿床;笔者根据近年的找矿勘探资料,认为是火山沉积变质热液叠加富集型铁矿床。文中对成矿机理作了探讨。

关键词: 甘肃北山; 火山沉积变质型; 热液叠加; 成矿机理

矿区地质概况

双井子铁矿床位于天山—内蒙褶皱系北山褶皱带北山北海西槽向斜中的双井子—狼娃山复式背斜西段。区内地层由下石炭统红柳园组(C_{1h})中基性海底火山—碎屑、碳酸盐沉积建造组成。广泛出露有海西中晚期

花岗岩;它们多为顺层侵入,明显晚于铁矿。闪长岩及石英闪长岩为同一岩体的相变产物,出露的主体闪长岩—小伊富克山岩体远离矿区几公里。

矿区为一次级宽缓向斜构造。矿体多分布在向斜近槽部和构造转折部位。北东—南西向的断裂为成矿后的产物(图1)。



图1 双井子铁矿地质略图

Q—第四系;βμ/δμ—辉绿玢岩/闪长玢岩;1—变质砂砾岩;2—变质细砂岩;3—长英变砂岩夹大理岩;4—透辉角闪岩;5—夕卡岩;6—磁铁矿;7—花岗岩;8—断层

以区域变质为主要特征的岩石组合,由于受构造等因素影响,变质程度不均一。就

岩性主要可分为:①长英变砂岩(片岩、变粒岩)类,包括长英变砂岩、黑云石英片

双井子铁矿区岩、矿石化学成分 (%) 表

表 1

岩矿石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量
透辉角闪岩	50.67	14.86	1.44	7.635	3.88	3.51	6.75	0.48	0.24	3.185	3.64	1.90
长英变砂岩	66.49	14.18	0.51	2.89	1.43	1.15	2.45	0.13	0.09	3.31	4.24	1.34
二长花岗岩	67.87	15.55	0.70	0.79	0.24	1.45	1.43	0.05	0.07	6.52	4.565	0.82
磁铁矿石	17.38	2.34	0.22	7.29	2.73	52.68	20.13	0.048	0.42	0.19	0.31	0.44

双井子铁矿区岩、矿石微量元素平均含量 (ppm) 表

表 2

岩矿石名称	Nb	Zr	Y	Sr	Pb	Zn	Cu	Sn	Ni	Ba	V	Cr	Ag	As	Mn	Mo	Co
透辉角闪岩	<1	78	16	433	234	639	52	<10	<90	108	218	25					
长英变砂岩	3	149	40	352	21	74.5	53	<10	<30	529	91	20					
二长花岗岩	15	4990	27	49	36	61	58	<10	85	174	<13	11.5					
深部矿体					176	327.5	153.8	35	28.2	<10	17.8	6.9	1.06	22.2	1450	9.6	128.6
浅部矿体					203	1177	33.7	90.4	52.6	<10	91.1	3.3	1.17	7	2668	0.8	50.7

岩、钙质黑云母片岩、黑云斜长片岩、片麻岩和透辉角闪斜长变粒岩等。②角闪岩类，主要为透辉角闪岩，可相变为斜长角闪岩、斜长角闪片岩。③大理岩，分为硅镁石大理岩和条带状大理岩。④夕卡岩类，按矿物组合主要有阳起石石榴石夕卡岩、石榴钙铁辉石夕卡岩、磁铁矿化透闪石榴夕卡岩和含锌绿帘石夕卡岩等。矿区岩、矿石的化学成分和微量元素含量见表 1、2。

矿床特征

1. 矿体 双井子铁矿是由若干个小矿体组成的，分别赋存于 3 个层位，具体产出形态见图 2。

第一赋矿层 为含火山碎屑的长英质变砂岩夹大理岩。矿体分布于该层中下部，呈扁豆状或透镜状，与围岩整合接触。埋深一般较浅，局部出露地表。夕卡岩穿插矿体并胶结磁铁矿角砾 (图 3)。

第二赋矿层 为透辉角闪岩夹大理岩，铁矿产于中下部的角闪岩与大理岩层之间。呈扁豆状产出。近围岩绿泥石化发育，常形成绿泥片岩。矿石中普遍含金 (0.2~0.6 g/t)。矿体上、下盘常有脉状、不均匀浸

染状辉钼矿 (局部可富集成矿体)。一般埋深 100~200 多米。

第三赋矿层 为透辉角闪岩夹棕灰色变质细砂岩 (片岩)。铁矿与围岩整合接触。矿体呈透镜状，埋深 >300m。

2. 矿石 铁矿石主要由磁铁矿组成，80%以上为块状矿石，铁矿物呈灰黑色，半自形—他形粒状，粒径一般在 0.1mm (±)。局部呈稠密浸染状；磁铁矿为他形粒状，粒径 ≤ 0.2mm，少部分呈不规则团块状分布。此外还有脉状、角砾状磁铁矿分布。

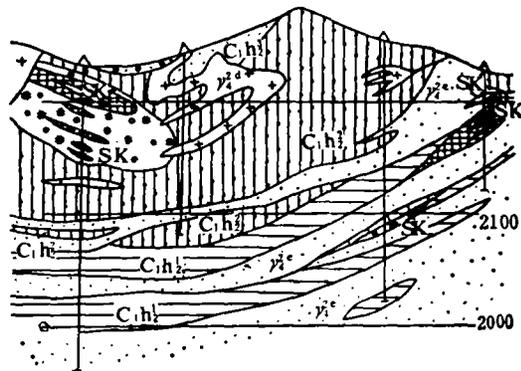


图 2 双井子铁矿 16 线剖面图

C₁h₁、C₁h₂、C₁h₃—下石炭统红柳园组地层；
γ₁^{td}、γ₂^{td}—海西期花岗岩；SK—夕卡岩

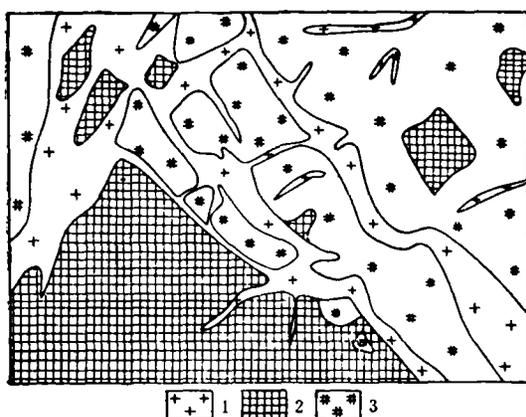


图3 双井子铁矿C₁₀矿坑两壁素描图

1—肉红色中粒花岗岩；2—磁铁矿角砾；
3—夕卡岩

次要矿石矿物有黄铁矿，呈他形粒状、星散状分布于脉石矿物间隙；黄铜矿、闪锌矿，见于个别矿体中，闪锌矿呈不规则粒状沿磁铁矿、辉石间隙充填，黄铜矿呈乳滴状被包裹在闪锌矿中。此外还有极少量的赤铁矿，呈脉状分布；辉钼矿呈半自形、他形条片状，和黄铁矿伴生，分布星散。

脉石矿物主要有透辉石、斜长石沿磁铁矿间隙分布。此外还有角闪石、钾长石、铁铝榴石、阳起石、黝帘石、绿帘石、绿泥石、方解石和石英等。

矿石以致密块状构造为主，浸染状次之。

铁矿石中伴生有益组分为锰、金、银、钼；有害组分为硫、磷、锌。TFe与SiO₂呈反消长，TFe≈60%时，SiO₂≈5%；TFe≈30%时，SiO₂≈25%，相关系数 $r = -0.595$ 。Al₂O₃与TFe呈反相关，反增长线比SiO₂平缓。CaO与MgO含量变化趋势基本一致。

$(CaO + MgO + TiO_2) / (SiO_2 + Al_2O_3) > 0.5, < 1.2$ 。

3. 围岩蚀变 分布普遍，但关系杂乱。最明显的围岩蚀变有：

① 绿泥石、绿帘石化：由角闪石、黑云母被交代而成，主要分布于矿体上下盘围

岩中。

② 钾化：变粒岩、混合岩及花岗岩中见钾长石交代斜长石、石英。

③ 钠长黝帘石化：普遍存在于斜长角闪岩、片岩、片麻岩及变粒岩中。

④ 夕卡岩化：分布较广，可分三期。最早形成的为石榴钙铁辉石夕卡岩和阳起石榴夕卡岩，是区域变质早期阶段的产物，有一定层位。第二期为火山期后的含气热液作用形成的磁铁矿化透闪透辉石榴夕卡岩，穿插破坏早期矿体，并在一定程度上使矿体加富。第三期为花岗岩接触带局部形成的绿帘石榴夕卡岩，以含闪锌矿为主，局部形成硅灰石夕卡岩。这些可统称为矿区的夕卡岩化，但却不是铁矿形成的主导因素。

矿床成因探讨

双井子铁矿的成因，前人多认为是夕卡岩型磁铁矿床，具有远离母岩的特征。岩体是指小伊雷克山闪长岩体。笔者通过大量野外观察和对有关资料分析，认为本矿床应属海底火山沉积变质成矿、后期热液叠加富集型矿床。主要依据是：

1. 铁矿体具有一定层位 双井子铁矿床的诸多小矿体均成群地赋存于一定的层位中，它们无例外地与围岩呈整合接触，铁矿体产于火山沉积物与正常碎屑沉积物的交界部位，即层序上的相变交界处。从火山活动的发展过程看，铁质的富集正值火山喷发的间歇期。这种现象是其他许多火山岩型铁矿常见的特点。

2. 矿床地球化学 围岩与矿体中的微量元素含量极为相似，说明物质来源的同一性。矿体和近矿围岩中发育有与多金属矿床类似的原生晕。晕中元素，由高温的Mo、Sn到中低温的Zn、Ag、Cu、Pb，还有Mn、Co、Ge、As。晕外元素有V、Cr、Ni、Ga。这种特征表明铁矿的富集还与火山期后的相应热液活动的多次叠加有一定的关

系。

组成矿石的主要元素是Si、Fe、Ca，其次为Al和Mg； $Na_2O + K_2O = 0.5$ ， $SiO_2 / Al_2O_3 = 7.43$ ， $TiO_2 = 0.22\%$ ， Mn 均值 = $0.14 \sim 0.27\%$ ，S含量普遍较高， $Ge = 0.00037 \sim 0.00072\%$ ， $Ga < 0.001 \sim 0.0018\%$ 。这样的元素组合特征、有关比值及含量范围，反映出火山岩型铁矿床的特征。

硫同位素测定表明，矿石中S和Fe同来源于地壳深部，与火山作用所提供的物质有关。海西中晚期花岗岩的大量侵入，使S被分馏，富集 S^{34} （表3）。

3. 地球物理特征 大量岩、矿石磁参数测定表明，磁性最强的岩石为中基性火山变质岩——透辉角闪岩、斜长透辉角闪岩；石榴透辉夕卡岩的磁性强度与透辉角闪岩相近；而磁铁矿体的直接围岩——绿泥石化透辉角闪岩却磁性很弱。这种现象是区域变质过程中围岩里的铁质活化，转移到铁矿体中，而自身含铁量大减的结果。

硫化物硫同位素组成 (%) 表 3

样号	矿物	δS^{34}	S^{32}/S^{34}
029	黄铁矿	4.94	22.111
030	黄铁矿	5.20	22.105
031	黄铁矿	4.32	22.124
034	黄铁矿	5.74	22.093
037	黄铁矿	5.74	22.093
038	黄铁矿	5.56	22.097
平均		5.31	22.104

据贵阳地化所，1977年。

4. 岩、矿石的结构构造 矿石和围岩的结构构造基本一致，反映了两者的生成环境、历史演化相似或相同。铁矿体主要形成于沉积阶段，又共同经历了复杂的变质过程。

5. 矿区的夕卡岩不是小伊雷克山闪长岩的交代产物 双井子构造岩相带北延6公里处，有一小伊雷克山石英闪长岩岩枝，其

与碳酸盐岩的接触带上，所产夕卡岩严格受接触带形态、产状控制，蚀变带宽几~20米，分带明显。内接触带为夕卡岩化闪长岩，岩石呈灰白色，具变余斑状结构，块状构造。斑晶为斜长石、石英；基质有石英、绿帘石、钙铁榴石、方解石、透辉石，还有绿泥石、斜长石、钾长石、金红石及磁铁矿等。外接触带为透辉石榴夕卡岩，呈灰白—浅绿色，他形粒状变晶结构，块状、碎裂状构造。主要组成矿物有钙铁榴石、透辉石、方解石，其次有少量石英、蛋白石、符山石及褐铁矿等。内外接触带之间为绿帘石夕卡岩，呈浅绿色，致密块状构造，含有浸染状、团块状、脉状分布的黄铜矿、黄铁矿；含金，并可富集成小金矿体。

由上可见，双井子铁矿区的夕卡岩不是小伊雷克山闪长岩蚀变的产物，更非成矿的主导因素。

成矿机理分析

1. 在北山海西期地槽岩浆带中，下石炭世韦宪期的裂隙式海底火山喷发活动是以多间歇式进行为特征。间歇期夹杂了陆源碎屑沉积物和部分碳酸盐物质。在间隙期，喷发物中的铁质大量溶于海水，呈离子、络合物或悬浮体形式存在，并较集中地沉淀下来。这就形成了区内火山喷发—碎屑沉积旋回中的富铁层位（图4a）。由于间歇期短而次数频，故富铁矿层薄而多，有明显的相变特征。

2. 矿区岩石中大量存在的普通角闪石、更钠长石和绿帘石等矿物组合表明，区内变质作用应为中深变质相。在区域变质过程中，造山运动应力集中的部位形成了部分片麻岩和变粒岩。区域变质作用早期阶段，在相对闭合的系统内，产生了交代作用，最突出的是钙质交代作用。这个过程是在大理岩（富钙质的层位）与硅酸盐岩石的接触面上发生的，形成了透辉石、钙铝榴石、符山

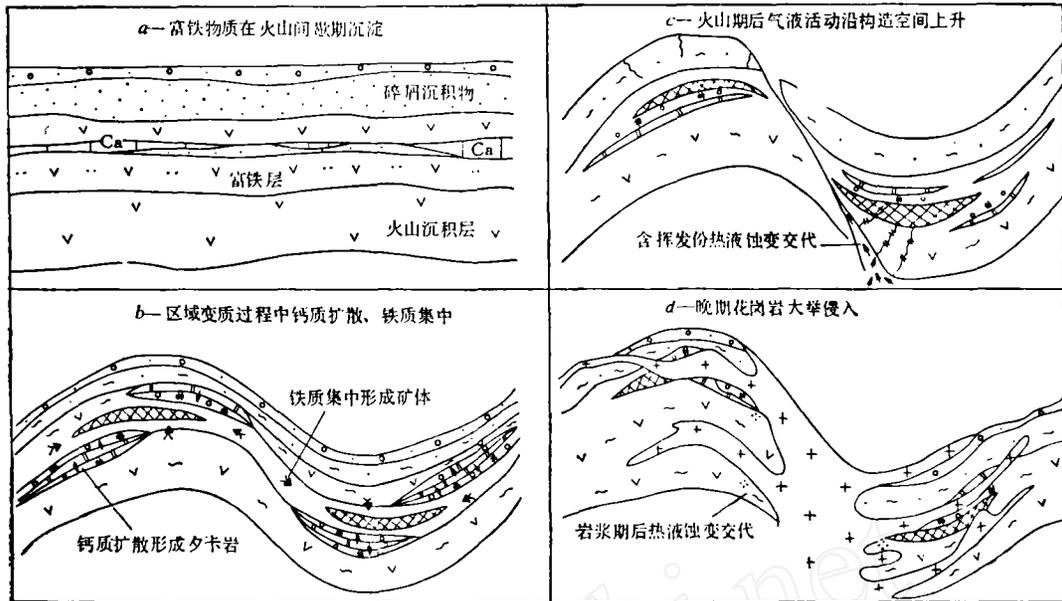


图 4 双井子铁矿成矿机理示意图

石等构成的“夕卡岩”。它们具有一定的层位，呈似层状产出；它比铁矿的形成基本同期或略早。

随着构造运动的发展和变质作用的深化，岩层中的铁质发生活化并开始迁移，朝着压应力最小的部位（如背、向斜的剥离空间），相对集中，形成铁矿体（图4b）。

3. 火山作用期后的气液活动，伴随区域构造运动的发展，沿着构造软弱带（剪应力破碎带等）入侵于上覆岩层之中。火山射气作用使部分 CO_2 和 H_2S 等挥发分与岩层中的含铁镁质硅酸盐发生交代，形成一系列由“夕卡岩”矿物组成的脉状体和团块；也

可使部分铁质再次活化迁移，造成铁矿体的局部加富和磁铁矿交代、包裹早期“夕卡岩”的现象。这种作用较之区域变质作用是很有局限的。一些辉钨矿、镍黄铁矿的出现，是该作用的产物（图4c）。

4. 上述变质、交代作用基本完成后，构造软弱带被海西中、晚期花岗岩大举侵入，产生了以注入式为主的混合岩化作用，使岩石中的碱金属活化、交代，形成了较普遍的钠化和钾化，以及稍后形成的绿泥石、绿帘石矿物组合。该阶段也形成了部分以石榴石为主的夕卡岩，穿插破坏了岩层、矿层和矿体（图4d）。

Characteristics and Genesis of the Shuangjingzi Iron Deposit

Yang Laigeng

The Shuangjingzi iron deposit, small in size and high in ore grade, is situated in the Beishan (Shuangjingzi)-Heiyingshan iron ore metallogenetic belt. Formerly it was recognized as skarn type. In the light of recent exploration and prospecting information, the author holds a different view that it belongs to a volcanogene sedimentometamorphic, hydrothermal telescoped rich iron ore deposit. Its mechanism of mineralization is also discussed in this paper.