

# 弓長嶺鐵矿床富鐵矿形成的几个問題

郑宝鼎

弓長嶺鐵矿床是鞍山附近主要矿山之一。解放前曾有許多人在本区做过地質調查工作，但尚未見到較完整的資料。1950年程裕洪先生等曾在本区做了較詳細的研究，認為富鐵矿的成因是由貧矿經含鐵热液（气）交代富集而成，1957年又在地質学报发表了論文，对本矿床成因問題做了比較全面的解釋。在程裕洪先生的意見中，显然提到了做为热液生成矿物之一的綠泥石至少有兩個世代，但認為富鐵矿石与热液蚀变岩是同时生或的，并有分帶現象。根据笔者的观察，蚀变岩石是多次生成的，而且富鐵矿石一般与蚀变岩石不是同期生成的；有比富鐵矿石早的蚀变岩石，也有比富鐵矿石晚的蚀变岩石。因此，笔者对于富鐵矿石与蚀变岩石的关系，富鐵矿石与构造的关系，富鐵矿石的生成时期等問題，提出一些不同的看法。錯誤之处，請大家指正。

## 一. 磁鉄富矿

### (一) 产 状

磁鉄富矿产于变质岩系中。就弓長嶺二矿区來說，磁鉄富矿主要在第六层鉄及其附近較多，其他鉄层較少（只个别地方富化）。就深度而言，一般上部較少，下部較发育。

### (二) 矿体形状、大小及与构造的关系

磁鉄富矿之形状可分为簡單的脈狀，复杂的脈狀和网狀等。

一般富化較深时，磁鉄富矿呈簡單的脈狀，矿体沿走向延長数百公尺至一千公尺以上，厚度一般数公尺至数十公尺。矿化基本上是均匀的。一般向上有变小及尖灭的趋势。呈复杂脈狀的矿体多位于上部及矿体之边缘地区，規模較小。呈网狀者位于坚硬岩石裂隙不发育部分，交代作用很弱，不具有工业意义。

控制富矿的构造主要是片理、裂隙及断层等（见图1、图2）。



图1 示磁鉄富矿大致沿片理交代綠泥片岩  
1. 綠泥片岩 2. 磁鉄富矿

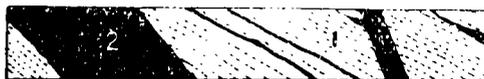


图2 示磁鉄富矿沿片理或裂隙交代条带状磁鉄石英岩  
1. 条带状磁鉄石英岩 2. 磁鉄富矿

至于走向断层与富矿的关系，作者認為是間接的关系。走向断层是成矿前热液上界的通道，热液將断层附近的岩石交代形成蚀变岩石后，断层被封闭，以后一般不能直接作为含矿溶液上界的通路。但由于蚀变岩石（如柘榴鎂鉄閃岩）内部物質性質的不均匀，并且一般蚀变岩石的强度較圍岩（如石英岩、磁鉄石英岩）小，所以当受外力时，蚀变岩石易于破碎，或产生断层，或产生片理、裂隙等，成为成矿溶液上界之主要通道。

### (三) 矿石之物質成分

磁鉄富矿之矿物組成，因被交代原岩不同，以及以后矿化作用重叠的不同，矿物种类很多，含量变化也較大。

磁鉄富矿中主要金屬矿物有磁鉄矿、赤鉄矿，其他有黄鉄矿、黄銅矿及磁黄鉄矿等。非金属矿物有石英、柘榴石、鎂鉄閃石（鉄閃石、阳起石等）、綠泥石、方解石、菱鎂矿等。

比富矿生成早的矿物有石英、柘榴石、鎂鉄閃石（鉄閃石）、綠泥石（呈浸染狀之磁鉄矿与这些矿物同时生成）。这些矿物常呈残余体包于磁鉄矿中，或被磁鉄矿穿插（图3、图4）。如果矿化作用强烈，則几全为磁鉄矿。

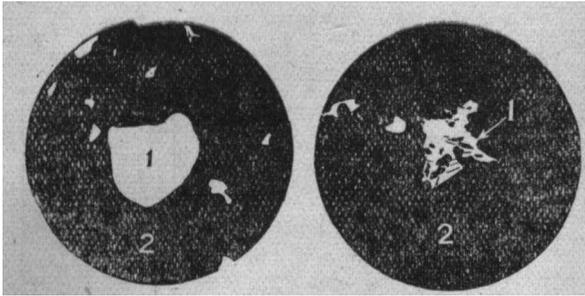


图3 磁鉄富矿中石英存在状态  
1. 石英 2. 磁鉄矿

图4 磁鉄富矿中鉄閃石存在状态  
1. 鉄閃石 2. 磁鉄矿  
(自54年弓長嶺二矿区地質报告書)

比富矿生成晚的矿物有黄鉄矿、青銅矿、磁黄鉄矿、石英、綠泥石、方解石、菱鉄矿等。这些矿物多呈細脈，分佈不均匀，脈寬几公厘至几公分(见图5、6)。

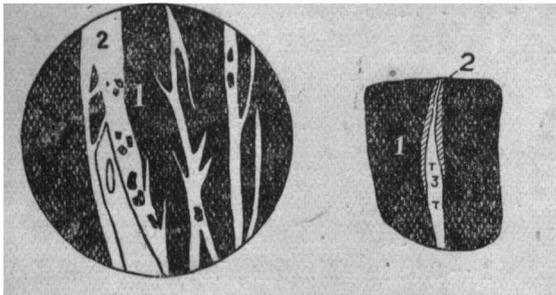


图5 磁鉄富矿中綠泥石脈  
1. 磁鉄矿 2. 綠泥石

图6 磁鉄富矿中之黄鉄矿脈及石英脈  
1. 磁鉄富矿  
2. 黄鉄矿 3. 石英

根据10个全分析試样的分析結果，磁鉄富矿一般化学組份含量如表1:

表1

化学組份	含量(%)	化学組份	含量(%)
T. Fe	54.72~67.91	C	0.16~1.32
S. Fe	53.13~67.75	S	0.01~0.05
FeO	20.84~32.05	V	0~0.005±
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46.00~63.19	TiO <sub>2</sub>	0.001~0.004
SiO <sub>2</sub>	2.28~21.58	Ni	0.0016~0.0082
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.74~3.13	Co	0~0.0009
CaO	0.29~1.54	Cr	0.001~0.007
MgO	0.12~1.25	Pb	0~0.0059
Mn	0.064~0.148	Zn	0~0.001
P	痕跡~0.036	As	0.0005~0.0015

鉄絕對多数呈氧化物出現，二氧化矽主要以石英出現，其余化学元素的含量一般是很少的。

#### (四) 組織与构造

磁鉄富矿大半呈緻密块狀及浸染狀，有时因交代条帶狀含鉄石英岩不完全而略呈条帶狀構造。緻密矿石按照粒度的不同可分为細粒与粗粒。有时磁鉄富矿边缘为細粒，中間为粗粒；有时細粒的呈团块狀被粗粒包裹。浸染狀矿石中磁鉄矿或者包含于柘榴石、鎂鉄閃石中，或产于綠泥石、柘榴石、鎂鉄閃石晶体之間。

#### (五) 矿体与圍岩之关系

磁鉄富矿之圍岩有蚀变岩石(图7)、含鉄石英岩(图2)、石英岩、石英脈等。有时磁鉄富矿可貫穿二种以上岩石(图8)。

#### (六) 蚀变岩石

弓長嶺鉄矿床发育着各种因热液变質作用(部分气成变質作用)生成的岩石，这些岩石統称为蚀变岩。常見的蚀变矿物有鎂鉄閃石、柘榴石、綠泥石等，由这些矿物互相組合成为多种多样的蚀变岩石。蚀变岩石与磁鉄富矿有密切的关系。根据其接触关系，將热液活动順序初步划分如下:

##### 1. 成矿前热液阶段

##### (1) 鎂鉄閃石-柘榴石阶段

这期主要形成鎂鉄閃石柘榴岩，是本区最早的蚀变岩石，它常被后期其他矿物交代，分佈比較广泛。这类岩石呈紫紅色及黃褐色的杂色，主要矿物为鎂鉄閃石及柘榴石，有时有綠泥石，有时有呈晶形完整之磁鉄矿。大都产于断层帶或沿片理交代，呈脈狀。其原岩是各式各样的。有石英岩、磁鉄石英岩、角閃岩、鈉長石片岩、柘榴石英絹云母片岩以及石英脈等。

##### (2) 綠泥石阶段

綠泥石交代作用分佈广泛，常呈脈狀交代早期岩石。由綠泥石組成的岩石有交代完全的單綠泥岩，及尚保留原岩部分矿物以及組織构造的綠泥石化石英岩，及綠泥石化角閃岩。当交代作用較强时，綠泥石分佈比較均匀。如果只沿裂隙附近交代时則多呈細脈。

上述早期岩石一般都具有片理構造，其产狀要素基本平行于原沉积变質岩之产狀要素。

##### 2. 成矿期-磁鉄矿阶段

根据磁鉄矿交代早期蚀变岩石可以看出(图7、图8)，大量磁鉄矿生成是在早期蚀变岩石生成之后。



图 7 示磁鉄富矿交代榴榴鎂鉄閃岩  
1. 鉄鉄閃石 2. 石榴石 3. 磁鉄富矿

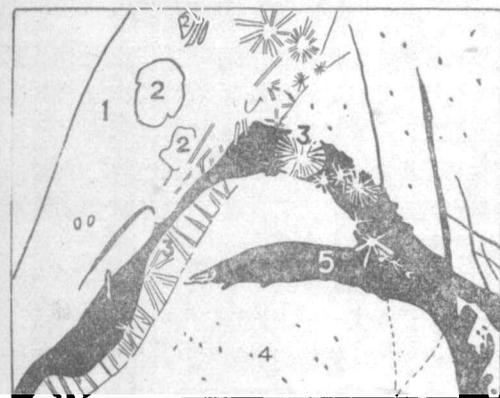


图 8 示磁鉄富矿交代石英岩、鎂鉄閃岩  
及綠泥石化石榴鎂鉄閃岩  
1. 綠泥石 2. 石榴石 3. 鎂鉄閃石 4. 石  
英岩 5. 磁鉄富矿

通常被磁鉄矿交代的原岩有石榴鎂鉄閃岩、綠泥石化石榴鎂鉄閃岩、綠泥岩、含鉄石英岩、石英岩、石英脈等。

3. 成矿后的矿化是多次的。按其大致先后順序有黃鉄矿、黃銅矿等硫化物，菱鉄矿、方解石等碳酸鹽，另外还有石英脈、綠泥石。它們的規模一般不大，多沿裂隙呈細脈，寬几公厘至几公分（图 5、图 6）。

主要矿物按生成順序列表 2。

磁鉄矿：磁鉄矿的主要生成阶段有三，即区域变質阶段，热液变質阶段早期及热液变質阶段中期磁鉄矿阶段。在区域变質阶段生成的磁鉄矿一般晶形不完整。在热液变質阶段早期生成的磁鉄矿多呈晶形完整的八面体，有的呈八面体的歪晶，有时具尖晶石律。晶体的直徑 0.1~10 公厘。磁鉄矿或呈浸染狀分佈，或

表 2

矿物	区域变質	热液阶段		
		成矿前	成矿期	成矿后
磁鉄矿	●	●	●	●
石榴石	●	●	●	●
鎂鉄閃石 (鉄閃石)	●	●	●	●
綠泥石	●	●	●	●
硬磁石	●	●	●	●
石英	●	●	●	●

包于石榴石、鎂鉄閃石之中。在热液变質阶段中期成矿时期生成的磁鉄矿，一般呈緻密块狀，等軸半自形的晶形，从細粒（小于 0.1mm）至粗粒（达 1mm 者）。

石榴石：据前人鑑定为鉄鋁石榴石。一般呈淡紫紅色，有时表面呈黑色，多呈菱形十二面体，亦有呈四角三八面体或菱形十二面体与四角三八面体之聚形者，直徑 1~3 公分，最大可达 5 公分，往往沿裂隙被綠泥石交代。

鎂鉄閃石（鉄直閃石）：鎂鉄閃石呈棕綠色至淺黃白色，鉄直閃石呈暗棕綠色，二者均呈柱狀及放射狀，長 1—3 公分。鏡下无色或有极弱之淡褐色多色性。有显著的 (100) 双晶。

鎂鉄閃石有时包有磁鉄矿晶体，并常包于石榴石中，且被綠泥石交代。

綠泥石：本矿区生成的綠泥石的时期是多期的，綠泥石的分佈也非常广泛。根据程裕洪先生的意見綠

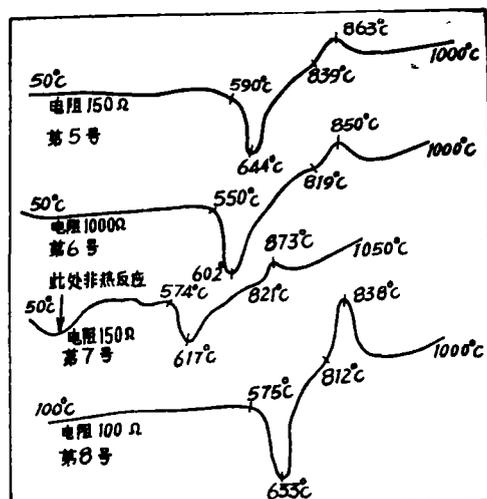


图 9 綠泥石差热分析曲線

泥石属于鱗綠泥石，輝綠泥石及扇石。

我們选择了弓長嶺二矿区常見磁鉄綠泥岩（第5号）、磁鉄柘榴綠泥岩（第6号，第7号）、鎂鉄閃磁鉄綠泥岩（第8号）进行了差热分析，其結果如图

9。根据“蝕变崗岩及其找矿意义”（全苏地質研究所汇报）中所述，按差热分析，綠泥石应属于鉄鎂綠泥石类。此外，根据綠泥石的化学分析（如表3），其成分亦与鉄鎂綠泥石类相似，特点为 $F_{00}$ 較高。

表3

化学成分 分析者及编号	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	FeO	MnO	CaO	MgO	$K_2O$	$Na_2O$	$f = \frac{FeO}{MgO}$	$S = \frac{SiO_2}{R_2O_3}$	折光率
54年总结报告	31.36		18.87	1.72	19.33	0.1	1.9	17.79			1.64	1.51	
地質部北京檢驗室	25.57	0.25	20.92	4.03	26.40	0.04	--	13.35	0.03	0.00	2.14	1.02	$Nr' = 1.63$
鞍山分局化驗室5A/143	26.98	0.55	未分析	14.08	19.20	未分析	痕	13.87	2.01	0	1.38		

关于蝕变岩石的分带問題，根据程裕洪先生的意見，蝕变岩石当发育完全时，一般具以下的分带現象：即磁鉄富矿→柘榴鎂鉄閃岩→柘榴綠泥岩→綠泥岩。作者根据野外及岩心的观察，磁鉄富矿与蝕变岩石有以下几种接触情况：

1. 磁鉄富矿呈脈状交代柘榴鎂鉄閃岩、柘榴綠泥岩、綠泥岩等。
2. 蝕变岩石之生成期可分为成矿前之柘榴鎂鉄閃岩阶段，較晚之綠泥石阶段，及成矿后之綠泥石阶段。
3. 富矿圍岩是各式各样的，有含鉄石英岩、石英岩以及各种蝕变岩石。

綜合以上情况，可以說与磁鉄富矿同时生成的蝕变岩石的分带現象是不存在的，即使說有分带現象，其生成的時間不是与富矿同时的，而其生成的原因尚須进一步研究。所以磁鉄富矿与蝕变岩石的关系，不是由于含矿溶液在中心交代磁鉄石英岩形成了磁鉄富矿，而且也不是含矿溶液向四周扩散，因圍岩性質及含矿溶液性質的变化，引起了圍繞磁鉄富矿体的蝕变岩石分带。

但是总的說来，大的磁鉄富矿体周圍总是有蝕变岩石的。这只能說，磁鉄富矿与蝕变岩石有着空間位置的关系。这是因为产生蝕变岩石的地方多为早期構造活动的地方。这些地方即使在被热液交代产生蝕变岩石以后，由于蝕变岩石与其周圍岩石物理性質不同，一般說来，区域变质阶段生成的岩石比較緻密且坚硬，而蝕变岩石的矿物大小不一，内部物理性質差異較大。因此蝕变岩石如果受力时也容易破裂，成为含

矿溶液上昇的通路。

### (七) 磁鉄富矿延长深度

本区最深鑽孔(91号孔)达海拔-600公尺以下。从該孔所見岩石推断，第四鉄层至第六鉄层被走向断层所切，使石英黑云母長石片岩与石英岩接触，后又由沿断层带交代生成綠泥石化鎂鉄閃柘榴岩、綠泥柘榴岩及綠泥片岩等。鎂鉄閃柘榴岩局部被磁鉄矿交代(寬小于一公尺)。此外，尚有后期碳酸鹽矿物(鎂鉄白云石?)。岩石片理仍然很发育，并有小的褶曲，柘榴石中有两种不同方向的裂隙。这些都說明無論从矿物上、結構上及構造上，深部地質情况与上部皆没有什么变化。也就是說，成矿物理化学条件深部和上部比没有什么变化。而深部磁鉄富矿的变薄是局部的原因，这种情况在上部也常有。因此海拔 -600公尺以下仍有磁鉄富矿是可能的。

## 二、赤鉄富矿

于弓長嶺二矿区东南区产有赤鉄富矿，并且在西北区及中央区个别地方也有。

一般赤鉄富矿呈复杂的脈状，见图10。厚度几公分至数公尺。矿体严格地受片理、断层、节理等構造的控制。赤鉄富矿呈鋼灰色，多由鏡鉄矿及少量石英組成，矿石緻密坚硬。其化学成分根据二个全分析的結果如表4。

表 4

化学组份	含量 (%)	化学组份	含量 (%)
Γ, Fe	50.82~52.67	MgO	0.43~0.98
FeO	1.37~4.60	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.012~0.030
SiO <sub>2</sub>	20.38~23.36	MnO	0.043~0.058
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.15~1.26	Ni	0.0006~0.0008
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70.21~71.16	Cu	0.0052~0.0056
(aO)	痕 跡	TiO <sub>2</sub>	0.02~0.04
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	0.05~0.06	S	0.0056~0.0067

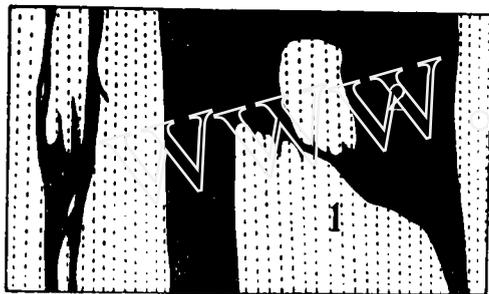


图 10 赤铁矿呈复杂脉状产于条带状赤铁石英岩中 1. 条带状赤铁石英岩 2. 赤铁矿。

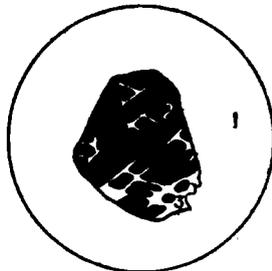


图 11 赤铁矿化之磁铁矿 1. 石英 2. 磁铁矿 3. 赤铁矿 (取自 1954 年弓长岭二矿区地质报告書)

赤铁矿富矿之围岩为多假象赤铁石英岩，但亦有滑石片岩及石英脈等。

在程裕洪先生的报告中，正确地指出局部有赤铁矿富矿插入且交代了磁铁矿富矿，这说明赤铁矿生成较晚(图11)。

赤铁矿富矿与磁铁石英岩假象赤铁矿化是有关的。根据勘探结果，赤铁矿化作用在东南区垂直延深地表以下400—500多公尺。程裕洪先生认为假象赤铁矿化是热液影响的，作者同意这个意见。但程先生认为“作为围岩的贫矿及附近的角闪岩或绿泥片岩，一般受明显的绿泥石化及白云母化作用，有时还有絹云母

和滑石(弓长岭二矿区)以及黄铁矿的生成”。作者认为绿泥石化及白云母化作用，以及絹云母、滑石、黄铁矿等不是赤铁矿同时的产物。从图 12 可以看出是赤铁矿交代了电气石滑石片岩而成。

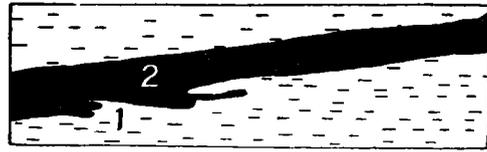


图 12 赤铁矿脉交代电气石滑石片岩 1. 电气石滑石片岩 2. 赤铁矿

另外见有电气石滑石片岩、石英脈、绿泥岩、赤铁矿等不同时期产生的岩石产在一起(图13)，并彼此穿插，按其先后顺序可以初步确定为：电气石滑



图 13 电气石滑石片岩、石英脈、绿泥岩、及赤铁矿之间的接触情况 1. 电气石滑石片岩 2. 石英脈 3. 绿泥岩 4. 赤铁矿

石片岩生成较早，次为石英脈，再次为绿泥岩，最后为赤铁矿。

### 三、去砂富矿

于弓长岭二矿区东南区第六铁层上部发育，特别是在 24 剖面与 25 剖面間較显著。該去砂富矿产于赤铁石英岩中(图14)，去砂部分与条带状赤铁石英岩接触界線比較整齐清楚，有时其中尚残留未去砂的条带状赤铁石英岩。去砂富矿略成柱状，去砂富矿中残余条带状赤铁石英岩的边界与节理及片理平行，因此节理及片理是去砂溶液的通路。未去砂的原赤铁石英岩呈鋼灰色，比較坚硬，由以石英为主的薄层及鏡鉄

矿为主的薄层五层組成。薄层的厚度約 0.5—1 公厘。去矽溶液只將矿石中的石英薄层溶去，而鏡鉄矿的薄层仍然保留。因此去矽富矿非常疏松，并且呈叶片状。

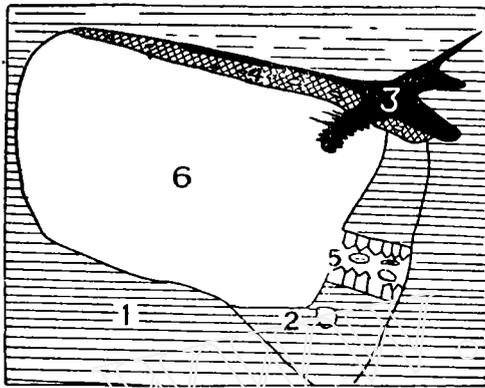


图 14 赤鉄石英岩經热液淋濾去矽質使鉄質相对富集

1. 細条帶狀赤鉄石英岩 2. 去矽部分残余赤鉄矿薄层呈片狀 3. 赤鉄富矿 4. 赤鉄富矿被溶蝕形成空洞 5. 石英晶簇 6. 掩盖部分

在去矽部分中部有約 0.5 公尺寬的石英晶簇，石英膠結了赤鉄石英岩及去矽富矿的碎块。石英晶体大者有达 5 公分者。一般晶形发育良好，有的呈連晶。

此外，在疏松片狀去矽富矿中尚有呈脈狀緻密的赤鉄富矿（見图 15）。緻密的赤鉄富矿未將去矽富矿的空隙充填，說明去矽富矿的生成是在緻密赤鉄富矿生成以后。

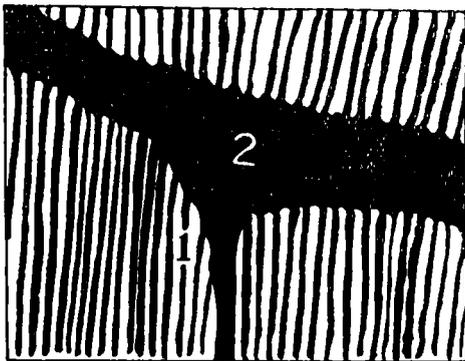


图 15 示赤鉄富矿与条帶狀赤鉄石英岩去矽質部分接触情况

1. 条帶狀赤鉄石英岩去矽質部分，白色为空隙 2. 赤鉄富矿

## 四、富矿形成过程及鉄質

### 来源問題

如上所述，本地区有三种类型的富矿，即磁鉄富矿、赤鉄富矿及去矽富矿。成矿热液化学成分的变化是比较复杂的。但总的规律从产生的矿物来看，是从化学成分复杂的矽酸鹽到氧化物、硫化物最后到碳酸鹽。

程裕洪先生在富矿与假变岩石同时生成的看法基础上，作了有关岩石的主要矿物和化学变化图解。其主要意思为帶有 Fe 及  $K_2O$  及 S 的热液交代了磁鉄石英岩及石英斜長角閃岩，并与被交代岩石的鉄矿物石英、角閃石、斜長石等矿物中所含的  $Fe_2O_3$ 、FeO、 $SiO_2$ 、 $H_2O$ 、MgO、CaO、 $Na_2O$ 、 $Al_2O_3$  化合，分別生成鉄矿物（磁鉄矿为主）、綠泥石、鏡鉄閃石（鉄直閃石）、鉄鋁柘榴石、云母、黄鉄矿等硫化矿物。而热液帶走了  $SiO_2$  及部分 CaO、 $Na_2O$ 、 $Al_2O_3$ 。这一般說来是对的，但是程先生沒有按成矿的过程，逐段的叙述矿石的交代过程。

由于热液是多期的，因此作者企图按照形成磁鉄富矿的各个阶段分別叙述化学元素的轉移情况。

#### （一）成矿前的鏡鉄閃石—柘榴石期及綠泥石期：

对热液交代生成的柘榴綠泥岩、鏡鉄閃柘榴岩及石英綠泥岩，分別与其原岩的化学成分比較如表 5。

由表 5 可以看出，假变岩石中  $SiO_2$  的含量較原岩是減少了，原岩中的  $Na_2O$ 、 $K_2O$  均被热液帶走，这时热液應該是酸性的，由于热液中加入  $Na_2O$  及  $K_2O$ ，热液逐漸变为鹼性的。热液帶來的还有  $Al_2O_3$ 。Fe 的成分加入与帶出視原岩中 Fe 的含量而定。如果被交代的是磁鉄石英岩时，一般是將 Fe 帶出一部分，这部分 Fe 或被热液帶走，或者重新結晶生成晶体較大的磁鉄矿。如果被交代的是少鉄的岩石，則热液中的鉄須留下一部分。总之当热液交代原岩时，为了达到岩石的化学平衡，对于各式各样的圍岩，物質的加入与帶出应有所不同。

#### （二）成矿期：

由各种原岩交代而生成磁鉄富矿时，一般从原岩中帶走  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ ，而鉄的氧化物增加了，MgO 一般也是減少。关于成矿期磁鉄矿形成的方式問題尚須进一步研究。И.И.謝明年科 (Семеновко) 認為，苏联克里沃罗格富鉄矿生成过程为：“氧的情况在各种

表 5

在各种交代过程中物质迁移量之计算

1. 被交代岩石 2. 交代产生的岩石 3. 交代时物质加入及带出	氧 化 物 含 量													比 重 体 重 孔 隙 度		
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	烧 失 量	F <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
1. 磁铁矿石岩 (原岩)	%	52.98	0.20		33.46	14.45		0.17	0.02	0.00	0.00	0.22	0.179	3.433	3.40	0.033
	克/100 cm <sup>3</sup>	180.13	0.68		113.76	49.13		0.58	0.07	0.00	0.00	0.75	0.609			
2. 磁铁矿	%	7.00	0.30		61.66	28.10		0.71	0.52	0.00	0.00	0.69	0.558	4.714		
	克/100 cm <sup>3</sup>	33.11	1.42		291.65	132.91		3.36	2.46	0.00	0.00	3.26	2.639			
3. 由磁铁矿石英岩形成磁铁矿时, 氧化物含量之增加(+)或减少(-)	克/100 cm <sup>3</sup>	-	+		+	+		+	+			+	+			
		147.02	0.74		117.89	83.78		2.78	2.39	0.07	0.00	2.51	2.030			
1. 磁铁矿石榴岩	%	39.00	0.60	17.30	16.87	23.30		3.64	痕	0.00	0.00	5.27	0.018	3.899	3.880	0.019
	克/100 cm <sup>3</sup>	151.32	2.33	67.12	65.46	90.40		14.12	"	0.00	0.00	20.45	0.070			
2. 磁铁矿	%	19.00	0.28	7.20	42.11	29.80		2.49	"	0.01	0.00	0.92	0.002	4.41	4.41	0.00
	克/100 cm <sup>3</sup>	83.79	1.23	31.75	185.71	131.42		10.98	"	0.04	0.00	4.06	0.009			
3. 由磁铁矿石榴岩形成磁铁矿时, 氧化物含量之增加(+)或减少(-)	克/100 cm <sup>3</sup>	-	-		+	+		-		+		-	-			
		67.53	1.10	35.37	120.25	41.02		3.14		0.04	0.00	16.39	0.061			
1. 绿泥石化磁铁矿石榴岩	%	36.72	0.18	18.85	12.01	26.90		3.49	痕	0.00	0.00	1.11	0.005	3.732	3.72	0.012
	克/100 cm <sup>3</sup>	136.60	0.67	70.12	44.68	100.07		12.98	"	0.00	0.00	4.13	0.019			
2. 磁铁矿	%	19.00	0.28	7.20	42.11	29.80		2.49	痕	0.01	0.00	0.92	0.002	4.410	4.41	0.00
	克/100 cm <sup>3</sup>	83.79	1.23	31.75	185.71	131.42		10.98	"	0.04	0.00	4.06	0.009			
3. 由绿泥石化磁铁矿石榴岩形成磁铁矿时, 氧化物之增加(+)或减少(-)	克/100 cm <sup>3</sup>	-	+		+	+		-		+		-	-			
		52.81	0.56	38.37	141.03	31.35		2.00	0.04	0.04	0.00	0.07	0.010			
1. 石榴绿泥岩	%	37.53	0.15	15.00		22.60		6.35	0.80	0.03	0.00	5.47	0.009	3.340	3.32	0.020
	克/100 cm <sup>3</sup>	124.60	0.50	49.80		75.03		21.08	2.66	0.10	0.00	18.16	0.030			



2. 磁鉄富矿	%	16.44	0.55	3.65		28.95		3.70	0.06	0.06	0.18	1.80	0.005	4.292	4.29	0.002
	克/100 cm <sup>3</sup>	70.53	2.36	15.66		124.20		15.87	0.26	0.09	0.77	7.72	0.021			
3. 由柘榴綠泥岩形成磁鉄富矿时, 氧化物含量之增加(+)或减少(-)	%	-	+	-		+		-	-	+	+	-	+	+	+	
	克/100 cm <sup>3</sup>	54.07	1.86	34.14		49.17		5.21	2.40	0.01	0.77	10.44	0.009	0.952	0.97	
1. 石英綠泥岩	%	55.28	0.51	10.70		16.40		8.61	0.12	0.00	2.43	4.76	0.002	2.980	2.96	0.020
	克/100 cm <sup>3</sup>	163.63	1.51	31.67		48.54		25.49	0.36	0.00	71.93	14.09	0.006			
2. 磁鉄富矿	%	16.44	0.55	3.65		28.95		3.70	0.06	0.02	0.18	1.80	0.005	4.292	4.29	0.002
	克/100 cm <sup>3</sup>	70.53	2.36	15.66		124.20		15.87	0.26	0.09	0.77	7.72	0.021			
3. 由石英綠泥岩形成磁鉄富矿时, 氧化物含量之增多(+)与减少(-)	%	-	+	-		+		-	-	+	-	-	+	+	+	
	克/100 cm <sup>3</sup>	93.10	0.85	16.01		75.66		9.62	0.10	0.09	71.16	6.37	0.015	1.312	1.33	
1. 石英黑云母鈉長石片岩	%	67.58	0.26	16.20	1.83	3.25		1.76	1.58	2.82	4.30	2.29	0.046			
	克/100 cm <sup>3</sup>	251.40	0.97	60.26	6.81	12.09		6.55	5.88	13.45	16.00	8.52	0.171	3.732	3.72	0.012
2. 鎂鉄閃柘榴岩	%	39.00	0.60	17.30	16.87	23.30		3.64	7.6	0.00	0.00	5.27	0.018	3.899	3.88	0.019
	克/100 cm <sup>3</sup>	151.32	2.33	67.12	65.46	90.40		14.12	"	0.00	0.00	20.45	0.070			
3. 由石英黑云母鈉長石片岩形成鎂鉄閃柘榴岩时, 氧化物含量之增加(+)或减少(-)	%	-	+	+	+	+		+	-	-	-	+	-	+	+	
	克/100 cm <sup>3</sup>	100.08	1.36	6.86	58.65	78.31		7.57	5.88	10.49	16.00	11.93	0.101	0.167	0.16	
1. 透閃石英岩	%	60.22	0.28	4.50		24.80		3.14	0.18	0.00	0.00	1.78	0.011	3.342	3.22	0.122
	克/100 cm <sup>3</sup>	193.91	0.90	14.49		79.86		10.11	0.58	0.00	0.00	5.73	0.035			
2. 石英綠泥岩	%	55.28	0.51	10.70		16.40		8.61	0.12	0.00	2.43	4.76	0.002	2.980	2.96	0.020
	克/100 cm <sup>3</sup>	163.63	1.51	31.67		48.54		25.49	0.36	0.00	71.93	14.09	0.006			
3. 由透閃石英岩形成石英綠泥岩时, 氧化物含量之增加(+)或减少(-)	%	-	+	+		-		+	-	+	+	+	-	-	-	
	克/100 cm <sup>3</sup>	30.28	0.61	17.18		31.32		15.38	0.22	0.00	71.93	8.36	0.029	0.362	0.26	
1. 磁鉄石英岩	%	45.24	0.19	1.40		16.80		0.53	0.02	0.03	0.00	0.69	0.009	3.521	3.47	0.041
	克/100 cm <sup>3</sup>	156.98	0.66	4.86		58.30		1.84	0.07	0.10	0.00	2.39	0.031			



2. 柘榴綠泥岩	%	37.53	0.15	15.00	22.60	6.35	0.80	0.03	0.00	5.47	0.009	3.340	3.32	0.020
	克/100 cm <sup>3</sup>	124.60	0.50	49.80	75.03	21.08	2.66	0.10	0.00	18.16	0.030			
3. 由磁鐵石英岩形成柘榴綠泥岩時，氧化物含量之增加(+)或減少(-)	%	-	-	+	+	+	+	0.00	0.00	+	-	-	-	0.15
	克/100 cm <sup>3</sup>	32.38	0.16	44.94	16.73	19.24	2.59	0.00	0.00	15.77	0.001	0.181	0.15	

阶段是不同的，在强烈还原环境中，铁变为 FeO，大部分铁与矽酸形成铁闪石分子， $FeO + SiO_2 = FeSiO_3$ 。在磁鉄閃石角岩形成磁鉄矿时，磁鉄閃石发生分解，由于热水液溶帶入氧而形成氧化鉄，并沉积磁鉄矿 $6FeSiO_3 + O_2 = 2Fe_3O_4 + 6SiO_2$  (帶出)。

作者認為上述对于磁鉄矿形成过程的解釋，磁鉄富矿中部分的鉄如此轉移是可能的。

此外，作者在弓長嶺老弓長嶺区見到有条帶狀磁鉄石英岩。由于热液的滲漏，將鉄質溶去，剩下石英条帶。唯鉄質溶去部分形成空洞，但其規模較小。这种鉄分加入溶液，搬运，并在适合的条件下形成含鉄的矿物或磁鉄矿。因此部分磁鉄矿是直接由含鉄石英岩析出也是可能的。

至于鉄質来源問題，程裕洪先生的意見是“可能部分源于深处被花崗岩漿蝕溶交代的貧鉄矿；热液中所含其他物質的一部分也应来自热液影响所及的岩石——尤其是角閃岩”。作者認為还是适合的。

### 五、富矿与花崗岩之關係及成矿時代

据程裕洪先生的意見与主要富矿有关的花崗岩，是一般具有标准混合質花崗岩或混合質花崗片麻岩，即弓長嶺較老的花崗岩。作者根据野外的观察，有如下現象：

(一) 弓長嶺二矿区的富矿不与混合質花崗岩直接接触。但弓長嶺一矿区韓家砬子西南花崗岩与含鉄石英岩接触处，有很狭

的富化現象。

(二) 在弓長嶺一矿区見有花崗岩侵入綠泥片岩，但接触帶附近无富化現象。

(三) 与混合質花崗岩有关的混合岩受到后期热液交代作用(如綠泥石化、絹云母化)，显然有的热液作用的时期是在混合岩化以后。

(四) 弓長嶺区的石英脈被磁鉄富矿交代；在歪头山見有磁鉄富矿交代偉晶花崗岩脈。

目前其他花崗岩与富矿的关系尚未找到充分証据，所以富矿与花崗岩的关系还应进一步研究。

关于主要磁鉄富矿的生成时期，根据程裕洪先生的意見，基本上还是在区域变質作用的环境下进行的。但热液蝕变岩石显然是交代了区域变質生成的岩石、混合岩及脈岩等。因此作者認為成矿作用應該是在区域变質作用以后。

### 六、結 論

綜上所述可看出，弓長嶺区的热液活动是多期的，富鉄矿石与蝕变岩石是空開位置的关系，含鉄热液交代了早期的蝕变岩石及其他岩石，形成了富鉄矿石。本矿区磁鉄富矿之生成过程非常类似矽曜岩矿床，可称之为热液接触成因(Гидротермально-метасоматический генезис)的矿床。但与一般矽曜岩型矿床的区别为热液交代之原岩不是鈣質岩石，因之沒有形成典型的鈣鉄矽酸鹽矿物組成的矽曜岩，而成了以磁鉄閃石(鉄直閃石)、柘榴石等組成的蝕变岩石。

### 参 考 文 件

- (1) 程裕洪：中国东北部辽宁山东等省前寒武紀鞍山式条帶狀鉄矿中富矿的成因問題  
地質学报 1957年
- (2) 李鴻业等：弓長嶺鉄矿床二矿区地質勘探工程总结报告書 1954 (內部資料)
- (3) И. И. 謝明年科等：克里沃罗格鉄矿盆地地質学及矿石成因 1955
- (4) 地質部地質矿产研究所前寒武紀层及变質岩研究室华北前寒武紀研究队  
1957年 上半年工作简报