

热动力构造带与磁海式铁矿

殷 先 明

(甘肃省地质局第四地质队)

研究磁海地区铁矿床时,笔者在辉绿岩的接触带发现,磁海铁矿床矿带顶板的变质岩,既不同于一般所称的“热接触变质岩”,也不同于“区域变质岩”,而是在辉绿岩动力场和热力场综合作用下,形成了特殊的热动力构造带。这种由岩体侵入活动所形成的热动力构造带。对一些产于接触带的矿床可能具有一定的普遍意义。现将其叙述如下,仅供同志们参考。

一、热动力构造带及时代

磁海矿区热动力构造带呈近东西向展布,东西长约1000米,南北宽约150—300米,延深超过500米。

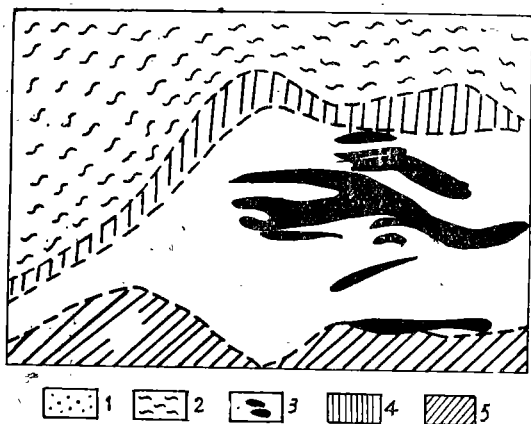


图 1 矿区地质略图

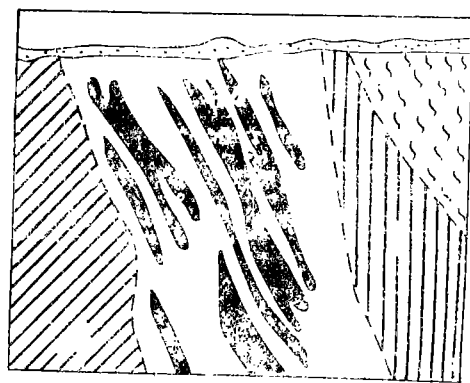


图 2 V线地质剖面图

1—第四系; 2—热动力构造带; 3—浅色蚀变带; 4—矿化深色蚀变带; 5—钠长石化辉绿岩带

辉绿岩与地层接触界面清楚,呈脉状顺层或穿切地层层理侵入。界面有的规则整齐,有的呈不规则状弯曲。热动力构造在矿区北部(平面上)和上部(垂直上)以地层为主,夹少量辉绿岩,向南向下辉绿岩增加,辉绿岩与地层似呈互层,至深部地层消失,全变为中基性杂岩。脉状侵入的辉绿岩厚几厘米至几十米,一般在10米以下。粒度变化明显,由中心至边部粒度变细,假厚超过2米者粒度变化都较显著。岩脉中心粒级与厚度呈正相关关系,同一脉体粒度由中心向边部变细,其相对厚度比与岩脉总厚度有关,脉越厚中心粒级越粗,冷凝边类似鸡蛋壳。辉绿岩具多次侵入的特点,构造成复脉体。

地层的变质程度不均一，有时在小范围内不同重结晶程度的岩石、不同变质程度的矿物组合、不同的结构构造类型交互出现。总的看由辉绿岩主体向北（沿倾向）向东、西（沿走向）变质程度减弱。变质作用的不协调性和空间分布的局限性，说明了地层的变质作用主要受辉绿岩侵入活动的控制。地层变质程度不仅同距单脉远近有关，近脉变质程度高；而且同辉绿岩脉体所占的比例有关，辉绿岩脉体所占比例愈大，则变质程度愈高，从此带与辉绿岩侵入活动的紧密关系和以下所述的特点，此带应属石炭—二叠纪地层，由辉绿岩侵入活动所形成的热动力构造带。

二、热动力变质岩特征

（一）变质岩的主要类型和变质相：

根据变质岩的矿物组合，可分为以下几种主要岩石类型：炭质（硅质）板岩、粘板岩、绢云母千枚岩、黑云母石英片岩、黑云母-石英-斜长片岩、董青石（红柱石、矽线石）-石英-长石片岩、斜长片岩、透辉石（透闪石）-斜长片岩、黑云母-透辉石（透闪石）-斜长片岩。有的地段片状构造不清晰，主要为角岩结构，称为角岩。

根据岩石的变质程度还可划分出三个变质亚相带：辉石角岩相、绿帘石角闪岩相和绿片岩相，辉石角岩相具透辉石-黑云母-董青石（红柱石、矽线石）-斜长石组合，斜长石可达中长石，由于岩石变质程度较深，很难见到原岩的结构残余；绿帘石角闪岩相，矿物组合以透闪石-黑云母-绿帘石-斜长石为特征，其中的斜长石为更长石，有时可见原岩的残余结构；绿片岩相以绢云母-方解石-绿泥石-钠长石-葡萄石组合为特征，具变余泥状结构和其他变余结构、构造。

（二）原岩成分组成：

根据变质岩的残余结构、构造和矿物成分、化学成分特点，变质岩的原岩可分为两类：

1. 正常沉积岩：包括炭质岩、炭硅质岩、泥质岩和砂屑岩。泥质岩以含大量绢云母、黑云母、董青石、红柱石、矽线石为特点，变质较浅者尚见变余泥状结构，高钾、铝，低铁、钙、镁，硅的含量不高，但当向砂屑岩过渡时硅的含量增加，这时可见石英团块、长英团块，有的为圆形，有的呈不规则状，由陆源正常碎屑和火山岩屑经变质而成。砂屑岩的典型矿物组合为石英-长石-黑云母，经常见有红柱石、董青石等矿物， SiO_2 在60%以上，钾较高，钙、铁、镁较低，残余结构少见，有些可能是中酸性火山岩及其凝灰岩变质而成。

2. 中基性火山岩及凝灰岩：矿物组合为斜长石-透辉石-透闪石，具斜长石残斑结构、变余岩屑结构、变余杏仁构造，残斑、杏仁体和岩屑都大致呈眼球状平行于岩石结晶片理分布，有的仍保存杏仁体外貌，铁、镁、钙含量高，硅含量低。

（三）变质岩的结构、构造特点：

1. 岩石结构、构造具不均匀性：在很小范围内岩石结构、构造变化很大，这种不均匀性有时甚至表现在显微域。如变余泥质结构可同重结晶程度高的粗粒变晶结构交替出现；矿物无定向的角岩结构，可与结晶片理极清楚的花岗变晶结构交替出现。很明显，这种情况并非区域变质或热力变质的单一作用形成。

2. 变余构造：主要为残碎斑状构造及眼球状构造。残碎斑状构造：残斑多为斜长石，斜长

石在动力作用下具波状消光，有的形成若干小碎块，碎块之间多为绢云母充填交代。斜长石碎块之间常有细粒化现象，有时还具齿状变晶愈合结构。有的斑晶为绢云母鳞片集合体所代替形成斜长石的斑晶假象。斜长石残斑有搓碎状、眼球状，斑晶边缘极不整齐，沿其边缘有基质矿物的重结晶作用。斑晶（残晶）的长轴方向与岩石的结晶片理一致，基体中的细粒矿物围绕斑晶并随斑晶的形态而弯曲，有的斜长石斑晶在应力作用下两端变尖形成细眼球状。

眼球状构造：眼球体成分比较复杂多样，主要为斜长石残斑、假象斑晶，次为透闪石、透辉石、石英、碳酸盐、钾长石等。一个眼球体有时由单矿物组成，有时由两种或两种以上的具变晶结构的矿物集合体组成。眼球体主要由原岩的斑晶、岩屑和杏仁体受动力作用形成，眼球体长轴方向与结晶片理一致，其外围的基质随眼球的形态而发生弯曲。

三、岩石变形特点

磁海地区辉绿岩的热动力构造带大部分为第四系覆盖，致使对其大型构造无法进行直接观察研究。小型构造形迹是在大型构造形迹背景上发育起来的，因此对小型构造形迹的分析研究也能说明岩石的形变特点。岩石小型构造形态的研究表明：热动力构造带内以塑性变形为主，断裂、裂隙等脆性变形不甚发育。

（一）**结晶片理**：岩石的片理极其发育，鳞片状黑云母、绢云母、绿泥石、柱状角闪石、透辉石及拉长的粒状矿物石英、长石呈定向平行排列。由于矿物颗粒一般都比较细，多形成显微片状构造。片理平行岩石的条带以及片状矿物围绕残斑、变余岩屑和杏仁体分布，致使岩石的片理显示的更加清晰。结晶片理无疑与岩石的塑性变形作用有关，是由片状和柱状矿物通过矿物颗粒的差异运动，并在运动中通过旋转顺滑动面而定向形成的，这不是用单纯的接触热变质作用所能解释的。

（二）**角岩结构**：在近辉绿岩地段，矿物结晶较粗大，矿物定向不清楚，但总观岩石其他线状构造，而又具微定向构造，或在很小范围内变为定向构造。

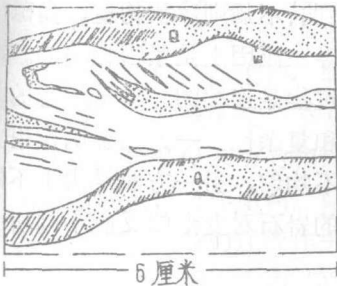
（三）**条带（纹）状构造**：岩石由深色和浅色两部分矿物平行相间排列而成（图3），条带内矿物也具平行排列的特点。条带宽0.1—5毫米。深浅色条带（纹）矿物成分相似，只是相对含量不同。条带（纹）愈宽，二者界线愈清楚；条纹细者，其界限不清、有过渡现象。矿物粒径一般0.005—0.01毫米，暗色部分比浅色部分粒度更细。矿物粒度与条带（纹）的宽度有很显著的正相关关系。粗条带矿物粒径可达0.3毫米。浅色条带分布不均匀、无一定间距，但与深色条带之宽度相适应。条带（纹）有的规则，有的不规则，还有的呈波纹状。条带宽度变化很大，在变质过程中，浅色条带顺岩层拉伸引起厚度减小，受挤压变扁，常见豆荚状、串珠状、眼球状和角砾状。

（四）**线状平行构造（线理）**：线状平行构造形成的方式很多，这里主要指的是伸张构造。岩石中的岩屑、砾石、斑晶、杏仁体等受强烈挤压和压扁伸长作用，原来等轴或近等轴外形拉长而为不等轴状，长轴方向定向排列。有的受强挤压而呈纺锤形。有的虽未明显拉长，但这些单独的矿物集合体团块在岩石基体中呈线状平行排列。

（五）**构造透镜化**：表现为石英和长石—石英块段在暗色的基体中呈透镜状或矩形有规律的排列。有的称为布丁构造或香肠状构造。透镜化是由于垂直层理的压力引起了物质顺

层分异流动形成的。

(六) 褶皱：是此带内最常见、最明显的变形。有小型的，也有显微型褶皱（常称显微皱纹构造）。形态复杂多样，主要有：①不协调褶皱（图4）；②鳞片—挠曲；③挠曲—褶皱（图5）；④滑动褶皱；⑤弯曲褶皱（图6）；⑥波状褶皱（图7）；⑦肠状褶皱。其中以不协调褶皱为主。



↑ 图3 条带状构造
(空白是深色矿物, 余为石英
加斜长石)



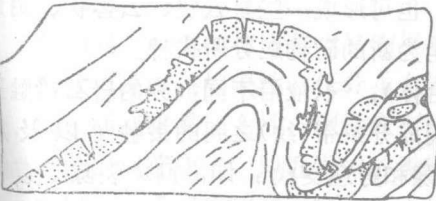
→ 图4 不协调褶皱



↑ 图5 挠曲—褶皱

总的可以看出，岩层受了强烈的动力作用，岩层力学性质有很大的差异性，同时岩层具有很高的塑性和产生层状运动顺层分异滑动的能力，发生了连续性的塑性流动。

(七) 不规则条带—脉状构造：主要发育在黑云母长英片岩中。条带脉体的成分主要为石英，有时也有长石。呈条带—脉状，有时呈斑块状、透镜状，它们多切穿岩石的片理、条带（纹）（图8、9）。条带—脉宽0.5—2厘米，有的斑块可达10厘米以上，其中的矿物粒度一般0.1—0.3毫米，个别达1毫米。而基体中的矿物粒度仍然很细，显然是由于变质过程中活动性高的物质发生了层间流动和贯入作用形成。



↑ 图6 弯曲褶皱



→ 图7 波状褶皱



图8 条带—脉状构造
石英—长石脉(点)与
片理一致

(八) 角砾状构造：主要为浅色角砾，矿物成分以石英为主，分布于深色基体中。角砾大小悬殊，从小于1毫米至1厘米，形态多样，多呈近等轴之棱角状外形，有的呈近透镜状。角砾多破碎，内部具压碎结构。基体的片理比较混乱，有的围绕角砾分布。

(九) 劈理：最发育的是板劈理，其次为破劈理（图6）和应变滑劈理（图10）。



图9 石脉(点)与片理一致或切穿片理
条带——脉状构造 石英——长

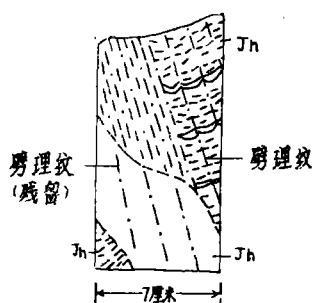


图10 应变滑劈理

Jh 为黑云母 + 石英 + 斜长石
带点部分为石英 + 斜长石

片理、线理、透镜化、条带状构造是在地层遭受强烈挤压和厚度减小的地段形成的；褶曲的形成是岩石塑性流动的一种复杂过程。因此，片理、线理、透镜化、条带构造、褶曲、不规则脉状构造、角砾状构造等在成因上是紧密相关的。其发育过程是连续的。构造形态的多样性和复杂性，一方面说明作用力分布不均匀，另一方面是由于不同成分的岩石对变形的反应不同所引起的。

四、热动力变质作用与交代作用

磁海式铁矿的成因虽存在分歧，但就其成矿方式各家认识趋于一致——交代成矿。铁矿形成在时间上是辉绿岩侵入至岩浆期后热液活动连续过程中一定阶段的产物。在空间上铁矿产在蚀变地球化学分带的一定部位。上部为浅色蚀变带——Na、K、Si、Al和部分Ca富集带（即在热动力构造带的基础上去铁作用形成）；中部深色蚀变矿化带——Mg、Fe及部分Ca富集带（Mg、Ca偏上部）；下部钠长石化杂岩带。成因上不仅同辉绿岩侵入活动有关，而且同热动力构造带内的变形地层有关。

（一）各类交代岩和矿石的构造特点：交代岩包括早期的透辉石—斜长岩和较晚的矽卡岩。它们常见的构造有条带—条纹状、各类褶曲状、透镜状、角砾状、脉状、斑点状、斑块状等。虽然各类交代岩石和矿石都是在热动力构造岩基础上形成的，经常保持着动力构造岩的外貌特征，但随交代作用的增强，新成分的不断增加，也可形成一些星云状、云雾状、阴影状等构造，以致热动力构造岩的全部特征被改造，完全为新的矿物成分所代替。

（二）交代作用方式：（1）接触面交代（或矿物集合体）：气、液沿不同成分的岩石接触进行交代。这些接触面包括不同岩石类型（即层间），不同成分条带（纹）之间的接触面以及角砾、斑块、透镜体、斑点与基体的接触面。（2）各类裂隙和劈理交代：即沿简单裂隙、复杂裂隙、层内裂隙、片理、破劈理及应变滑劈理进行的交代作用。（3）沿矿物间隙和矿物内的裂隙、裂纹及滑动面进行交代。

（三）交代作用与岩石变形：磁海矿区块状大理岩由于未受到动力作用的影响，交代作用极不明显，而主要是充填作用，经热动力构造变形所形成的片岩却易被交代，因此，这种热动力构造带是矿床形成的一个重要条件。由于塑性流动形成了片理、线理、透镜体、角砾、斑块及褶曲，造成了岩石的不均一性，大大增加了不同性质的岩块间的接触面；其次，在塑性变形时，岩石同时形成裂隙、微裂隙及各种劈理等破裂地段；第三，则是塑性变形反映在矿物颗粒内部，矿物晶格产生缺陷，矿物颗粒内部和颗粒与颗粒间相接触的地方，因机械作用而发生弱化。因此，热动力构造带是气液活动的良好通道和交代作用的有利场所。

五、热动力构造带与铁矿的关系

与辉绿岩的侵入活动有成因联系,并产于辉绿岩与地层接触带的铁矿床,具有很清楚的垂直分带性,由上至下为:热动力构造带→矿带(上部浅色蚀变带,中部深色蚀变矿化带,下部钠长石化辉绿岩带)。上部浅色蚀变带是Si、Al、K、Na和部分Ca的富集带,中部深色蚀变矿化带是Mg、Fe和部分Ca的富集带(其上部是Mg和Ca的富集带,即上部矽卡岩亚带;下部为铁的富集带,即铁矿)。热动力构造带在空间上构成矿带的顶板,即与浅色蚀变带相邻,二者呈渐变关系(图1、2)。热动力构造带形成时间上与辉绿岩浆的侵入活动同时产生,是岩浆侵入动力和热力作用综合的产物;而蚀变交代和成矿作用主要形成在辉绿岩冷凝之后的气、液作用期。因此,热动力变质作用,蚀变交代作用及成矿作用是辉绿岩从岩浆侵入至期后气液的连续作用。

在热动力变质作用中,原岩沉积岩、火山岩及其凝灰岩变为片岩,大量失水,由原岩的4%降至2%以下; SO_3 由4.46%降至0.01%; Na_2O 、 SiO_2 、 P_2O_5 等都有相应的降低。说明在此阶段,由侧分泌作用产生了富 SiO_2 、 Na_2O 和挥发分溶液,尤其重要的是 Fe_2O_3 、 FeO 大量消失,由6.99%和7.58%降至3%。这种侧分泌热液连同岩浆热液的作用,使岩石进一步去铁,形成浅色交代岩。根据磁海矿区矿化蚀变范围和各类岩石铁含量的变化,初步估算热动力构造带的地层可提供铁2千万吨以上。部分铁质来源于热动力构造带,这不但为交代作用过程中元素含量的变化及蚀变特征所证实,而且氧同位素的测定结果也证实了这一点。根据国外文献报道,火成岩中磁铁矿 δ 一般为1—4%,最高4.4%,而磁海矿区磁铁矿 δ 全部大于4.4%,最高6.5%(据北京大学地质系);同样透辉石的同位素也高于正常火成岩中的 δ 值。

热动力构造带中岩石特殊的物理性质(岩石各种变形特点),极利于交代和成矿作用的进行,因此,形成了成矿作用极为有利的场所。

六、结 论

概括起来,磁海地区辉绿岩的接触热动力构造带有以下几个特点:

- 1.分布范围具局限性,仅分布在岩体接触带附近。
- 2.空间变化具递变性,塑性变形的程度、矿物重结晶程度及变质矿物的组合从近岩体至远离岩体呈规律变化;即近岩体各类塑性形变发育,矿物重结晶程度高。
- 3.岩石变质程度和变形特点具不均匀性,直接受岩体侵入活动所形成的热力场和动力场控制。
- 4.塑性变形的复杂性,热动力构造带内发育了一系列成因紧密相关、发育过程相连续的塑性变形(片理、线理、条带、褶曲、透镜化构造等)以及与其相伴的各种劈理和裂隙。岩石外貌极似古老变质岩和混合岩。
- 5.褶曲构造具不协调性和多样性。
- 6.岩石以塑性变形为主,脆性断裂变形不发育。
- 7.磁海辉绿岩接触热动力构造带不但是容矿构造,成为岩浆—热液交代及成矿作用的有利场所,为磁海式铁矿的“找矿标志”(构成矿带的顶板),而且也是成矿物质的主要来源之一。