

新疆库姆塔格菱铁矿床成矿地质特征

西北地质科学研究所沙山铁矿组

库姆塔格菱铁矿床，位于天山东部库姆塔格沙垄中段东侧。1976年，我们参加东疆富铁矿会战工作，有机会对该矿床地质背景、矿体和矿石矿物共生组合关系、围岩蚀变特征等进行研究，获得一些粗浅认识，初步予以总结，以供参考。

一、矿床产出地质背景

库姆塔格地区，属阴山——天山东西向复杂构造系中北天山构造带中东段的南缘，亦即北天山华力西地槽褶皱带觉罗塔格复背斜的西南侧。出露的地层、构造形迹特征及岩浆岩表明，在地质历史上这里是非常活动的地带，特别是晚古生代期间，堆积了巨厚的石炭二迭纪火山熔岩、火山碎屑岩和正常沉积岩，并有大量的基性——酸性的岩浆侵入活动。

(一) 地层概述

库姆塔格地区出露的地层，有震旦亚界、石炭系、二迭系、第三系及第四系。

震旦亚界见于矿区南部，属中天山的基底岩层，多为蓟县系的层位，因侵入体的破坏，出露零散。

石炭纪地层前人划分为南、北两套，北部为中石炭统沙泉子组和中上石炭统的过渡层苦水组，南部（矿区及其附近）为下石炭统维宪阶雅满苏组和中上石炭统吐谷土布拉克组。经过工作，依据所采的珊瑚、腕足类化石组合，证实下石炭统雅满苏组上部属中石炭统的下部，而吐谷土布拉克组属中石炭统。本区前人划分出的二迭纪地层，出露有三处。位于矿区以南的二迭纪地层，由于首次采得 *Profusulinella* sp.（原小纺缬蜓，已可肯定为中石炭世。矿区以西和以东的二迭纪地层，因未做具体工作，时代、界线暂不改动。但从其岩性、沉积特征和褶皱形态来看，应是石炭纪地层的延展部分。

对矿区附近的石炭纪地层，作了重新划分（表1）。考虑到这里的中石炭世地层其下与早石炭世地层为整合接触，上界虽未确定，可分性强，为便于对比，建议建立沙山组。

下石炭统雅满组（ C_{1y} ），出露于库姆塔格矿区以北1113.4高程点一带，下部出露

表 1

库姆塔格菱铁矿—一区带石炭系划分沿革对比表

新疆地质局区测队 (1961)	新疆地质局区测队 (1962)	新疆地质局第六地质队 (1967)	本 组 (1976)			石 炭 系	
吐谷土布拉克组 ($tg t$) (C_{2-3})	吐谷土布拉克组 ($tg t$) (C_{2-3})	哲斯组 ($P_1 z s^1$) 上段 吐谷土布拉克组 下段 ($tg t$) (C_{2-3})	未 出 露		上石炭统		
			上岩段	沙山组 ($C_2 sh$)	莫斯科阶		中石炭统
			中岩段		巴什基尔阶		
雅满苏中段 ($C_1 y b$)	雅满苏中段 ($C_1 y b$)	雅 满 苏 组 ($C_1 y$)	下岩段	雅露苏组 ($C_1 y$)	维宪阶		下石炭统
...未见底.....	...未见底.....	...未见底.....	...未见底.....				

.....未直接接触

——整合接触

===断层接触

~~~~~不整合接触

不全, 上与中石炭统沙山组呈整合接触。岩性为灰——灰绿色、草黄绿色细砂岩、砂砾岩、硅质岩、灰白色灰岩, 其中夹紫红色、橙黄色霏细岩、霏细斑岩及安山质凝灰岩, 厚度>400米。上部凝灰砂砾岩夹机械沉积型似层状具浸染条带状构造的钛磁铁矿体。按化石组合, 本组时代相当维宪期。

中石炭统沙山组 ( $C_2 sh$ ), 分布在下石炭统雅满苏组南侧, 依其岩性和古生物化石组合特征, 可分为上、中、下三个岩性段。

## (二) 构造基本特征

库姆塔格地区地质构造比较复杂。初步认为这里存在有两种构造体系, 即东西向构造和复合其上的一个山字型构造(库姆塔格山字型构造)。

### 1、东西向构造体系

从图 1 可以看出, 在这里中石炭统沙山组中岩段上部的火山岩和上岩段, 均作东西方向展布, 同时出现一系列东西向的压性和压扭性结构面, 反映了纬向构造带的存在。但由于较晚的山字型构造的复合, 某些东西向构造成分发生不同程度的扭动, 使东西向构造形迹的本来面貌受到改造。

东西向构造, 是本区的基本构造骨架。特别是断裂构造, 对区域内沉积建造、岩浆岩的发育和分布, 具有重要的控制作用。如矿区南部的  $F_3$  断裂带(深断裂), 东西延长数百公里, 构成“中天山隆起带”和“北天山褶皱带”之分界。断裂以南分布前寒武纪基底岩系, 岩浆侵入体大量发育, 中基性岩体紧邻断裂带南侧断续出露, 明显地受断裂带控制; 断裂带以北, 广泛分布石炭纪等晚古生代地层, 火山喷发岩发育, 岩浆侵

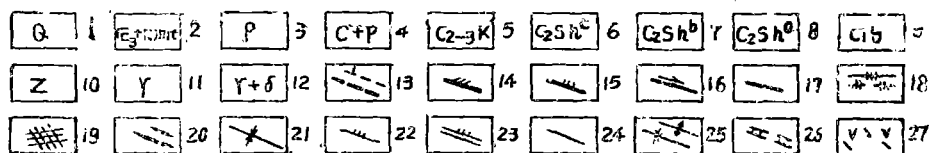
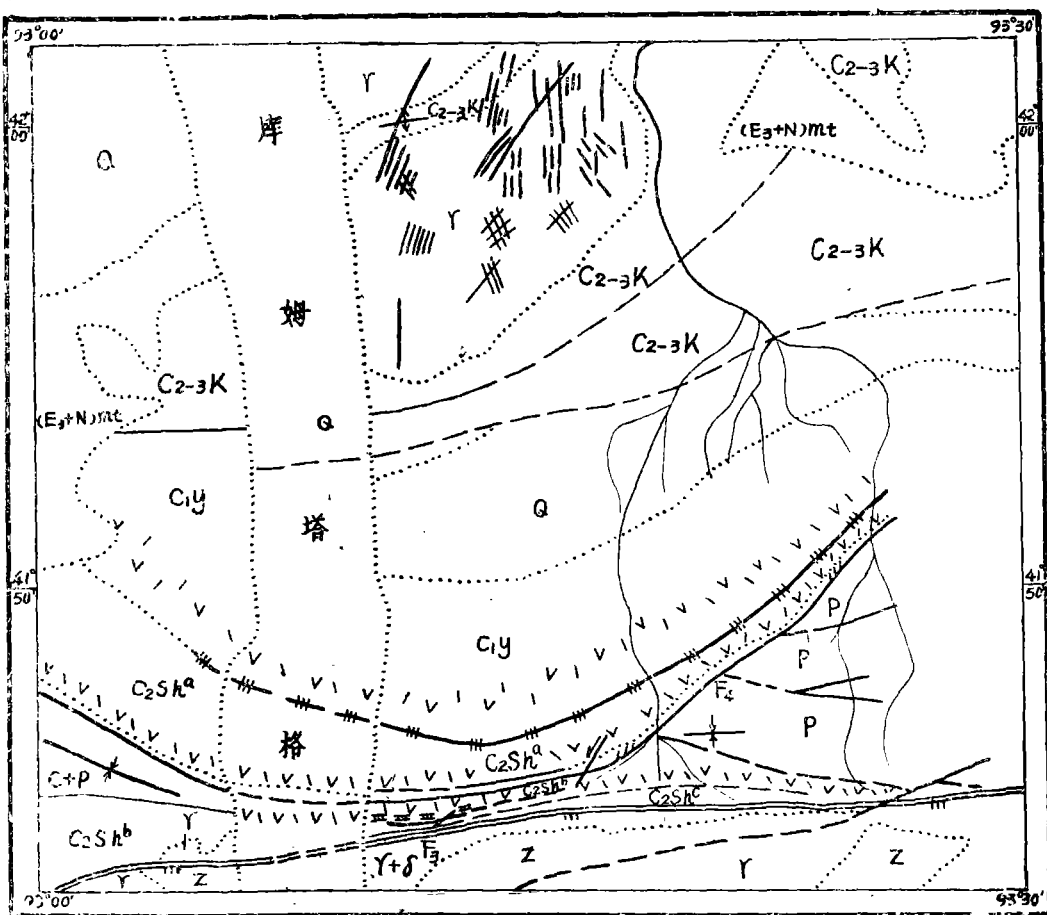


图1 新疆哈密库姆塔格铁矿区区域构造体系草图

1—第四系；2—第三系玛萨盖特组；3—二迭系；4—石炭二迭系未分，石炭系；5—中上统苦水组；中统沙山组；6—上岩段；7—中岩段；8—下岩段；9—下统雅满苏组；10—震旦系；11—花岗岩；12—花岗岩及闪长岩类（局部为辉长岩）；13—推测断层，山字型构造体系；14—压扭性断层；15—压性断层；16—扭性断层；17—性质不明断层；18—实测及推测压性劈理带；19—扭裂带（节理或断层）；20—中酸性脉岩带；21—向斜轴，纬向构造体系；22—压性断层；23—岩浆岩带（压性断层带）；24—性质不明断层；25—向斜及背斜轴；26—库姆塔格菱铁矿带；27—火山岩带

入体零散分布。库姆塔格菱铁矿床即成生在断裂带的北侧中石炭世地层中。

在库姆塔格地区北部，第四系分布的盆地内M17号和M23号航磁异常的长轴呈东西方向。其中M17号异常检查结果为超基性岩体。推测超基性岩体受第四系之下存在的隐伏的东西向深断裂控制。

## 2、库姆塔格山字型构造

库姆塔格山字型构造，复合在东西向构造体系之上，形成时期较东西向构造为晚。山字型构造的前弧，展布在库姆塔格矿区及其以北地带，山字型的脊柱显示的位置，大致与库姆塔格地区北部侵入在苦水组地层中的花岗岩体相当。

在库姆塔格矿区，山字型构造前弧表现为压性或压扭性的弧形断裂，如 $F_1$ 、 $F_4$ 等。根据钻探工程资料， $F_1$ 断裂的结构面向北倾斜，倾角约 $65^\circ$ — $75^\circ$ ，北盘向上推移，南盘向下冲，斜断距可达100米。 $F_4$ 断裂通过的部位，岩层具有硅化和页理化现象，并伴有石英脉，个别点上可见断层泥。

从库姆塔格矿区向北，中石炭统沙山组下岩段( $C_2sh$ )和下石炭统雅满苏组( $C_{1y}$ )之间出现有弧形的压性劈理带；地层走向也呈弧形。在库姆塔格沙垄东侧，地层走向近东西，向东、西延展之后，分别弯转为北东 $60^\circ$ 和北西 $60^\circ$ 方向，从而与中石炭统沙山组中岩段、上岩段和二迭系形成斜接关系。

此外，在山字型构造前弧中，常见有北东、北西两组断裂结构面发育，有时伴随有牵引褶曲和断裂两盘地层的相对扭动。

山字型脊柱部位，花岗岩体中见有南北向的中、酸性脉岩和北北西、北北东向两组共轭的脉岩。后两组脉岩切穿岩体边界延入围岩中，其相交之锐角等分线指向南北，正好与南北向脉岩的方位是一致的。对岩体和脉岩分别采集样品作同位素年龄分析，花岗岩体的年龄数值为1.826亿年，花岗岩脉的年龄数值是1.919亿年（见表2）。由此证明，该花岗岩体曾经遭受过东西向挤压力的作用。

## （三）侵入岩

库姆塔格地区，侵入岩体发育，岩性也比较复杂，从中基性岩到酸性岩类都有出露。

中基性岩体紧邻东西向深大断裂带南侧分布。从库姆塔格沙垄东侧起，经库姆塔格矿区南部，至M18号航磁异常东段，断续延长20余公里。包括有辉石闪长岩、辉长岩、角闪辉长岩等。

辉石闪长岩呈暗绿色、块状，中粗粒半自形粒状结构。含少量钛磁铁矿、碳酸盐。钛磁铁矿被屑石交代，闪石常具黑云母化。

辉长岩为深绿色，具半自形粒状结构。辉石具黑云母化、次闪石化。角闪辉长岩中，暗色矿物主要为角闪石，局部为紫苏辉石，其中钛磁铁矿、磷灰石含量较多，构成含磷灰石浸染状钛磁铁矿矿石。

酸性岩类较中基性岩出露范围大。主要分布在库姆塔格地区的南部，其次在北部的苦水组地层中也见有花岗岩体侵入。

岩石类型有淡红色二长花岗岩、肉红色二长花岗岩、花岗闪长岩以及同源分异的细晶花岗岩（斜长细晶岩）等脉岩。

表 2

| 样品编号    | 岩石名称           | 采 样 位 置                 | 测定年龄<br>( 百 亿 年 ) | 备 注                   |
|---------|----------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| 76KA050 | 辉石闪长岩          | 库姆塔格矿区南部                | 152.9             | 全岩分析                  |
| 76KA051 | 淡红色二长<br>花 岗 岩 | "                       | 173.3             | "                     |
| 76KA052 | 肉红色二长<br>花 岗 岩 | "                       | 143.6             | "                     |
| 76KBt-2 | 花 岗 岩          | 库姆塔格地区北部<br>( 侵入于苦水组中 ) | 182.6             | "                     |
| 76KBt-1 | "              | "                       | 191.9             | 全岩分析、侵入于苦<br>水组花岗岩中脉岩 |

各类岩体的侵入时代，少数为华力西早期及晚期，绝大多数系华力西中期。对辉石闪长岩、淡红色二长花岗岩和肉红色二长花岗岩等采集同位素样品进行分析，结果与采集于中石炭统沙山组中岩段上部的斑状更长安山岩样品的分析结果大致接近（表 2）。结合野外观察不同岩类之间的相互关系，进一步确定辉石闪长岩、辉长岩为华力西中期早次，淡红色二长花岗岩为华力西中期中次，肉红色二长花岗岩属华力西中期晚次产物。

二、矿体和矿石特征

库姆塔格菱铁矿床，赋存在中石炭统沙山组中岩段海相火山岩系中。本段地层下部以正常沉积岩为主，向上变为灰绿色、紫红色中性火山熔岩，上部是以红色为主的火山碎屑岩。

矿区中部剖面：岩性序列如次：

中石炭统沙山组上岩段：肝红色晶屑凝灰岩

----- 断 层 -----

中石炭统沙山组中岩段：

- 12、灰白色、红褐色凝灰砂岩，其中侵入灰白色细晶花岗岩
- 约108.7米
- 11、褐黄色凝灰砂砾岩
- 约13.6米
- 10、灰绿色、紫红色凝灰砂岩、凝灰砂砾岩
- 18.2米
- 9、灰岩（b-4）
- 10.8米
- 8、紫红色凝灰砂岩夹安山质凝灰岩和灰岩两层（厚度<1米）砂岩中含腕

- 足、瓣鳃类化石 17.9米
- 7、灰岩(b-2), 在其以东600米的156勘探线中段的相当层位产丰富珊瑚化石: *Lithostrotionella* sp. (小石柱珊瑚), *Bothrophyllum* cf. *pseudoconicum* Dobr. (假锥状沟珊瑚), *Lithostrotionella stylaxis* (Trd) (柱状小石柱珊瑚), *Skolekophyllum* sp. 22.6米
- 6、褐红色凝灰砂岩 5.9米
- 5、褐红色片状安山岩 13.2米
- 4、上部灰褐色、下部灰绿色斑状更长安山岩 111.2米
- 3、上部灰岩, 下部砂岩、砂砾岩, 含大量腕足类、珊瑚及海百合茎化石。珊瑚化石鉴定有: *Lophophyllum* cf. *intermedium* Fomitchev (中间型顶饰珊瑚) 64.4米
- 2、上部灰绿色、紫红色安山岩、凝灰质安山岩及凝灰岩, 下部灰绿色安山岩、凝灰岩夹凝灰砂砾岩及钙质砂岩 484.2米
- 1、灰白色、粉红色不规则条带状灰岩夹青灰色钙质砂岩及紫红色凝灰砂砾岩, 灰岩中产珊瑚化石:  
*Chaetetes* sp. (刺毛珊瑚), *Campophyllum* sp. (扭珊瑚),  
*Lithostrotionella stylaxis* (Trd.) (柱状小石柱珊瑚)  
 139.4米

### —— 整合接触 ——

中石炭统沙山组下岩段: 钙质砂岩、砂砾岩。

菱铁矿体出现在岩段的中上部, 主要受7、9两层碳酸盐岩层控制, 其次在相当8层的碳酸盐岩中也有矿化。

控矿的碳酸盐岩层, 空间上呈东西向平行展布, 因而自然地构成了库姆塔格矿区的南、北两个成矿带。其中北矿带(相当3层部位)规模较小, 控矿的碳酸盐岩透镜体地表呈串珠状断续出露, 延展甚不稳定, 因以往未详细工作, 矿化规模至今还不清楚; 南矿带(7、9层)控矿碳酸盐岩西端被由第四系风积砂构成的库姆塔格沙垄复盖, 东端尖灭于火山碎屑岩中, 东西长约6公里, 南北宽>200米。目前, 矿床中已知工业矿体19个, 主要分布在南矿带(图2)。I<sub>4</sub>、I<sub>5</sub>两个矿体最大。

矿体形态呈似层状、脉状和扁豆状。钻探工程控制结果, 矿体向下延伸斜距大于450米。矿体产状和围岩的产状大体一致(图3)。但据地表观察, 见矿体的展布和后期的石英脉形影相随, 并与围岩的走向略成斜交关系(图4)。说明生成矿体的场所为构造裂隙发育地段。推测其力学性质可能属于和岩层产状近于一致的压性或兼扭性的层裂隙。

地表矿体主要由褐铁矿石构成, 上下盘围岩多是褐铁矿化灰岩。矿体向下延伸150—200米(斜距)后, 褐铁矿石即转换为菱铁矿石, 上下盘围岩相应地变为铁白云岩。局部矿体出现在凝灰砂岩中。矿体和围岩之间呈过渡关系。

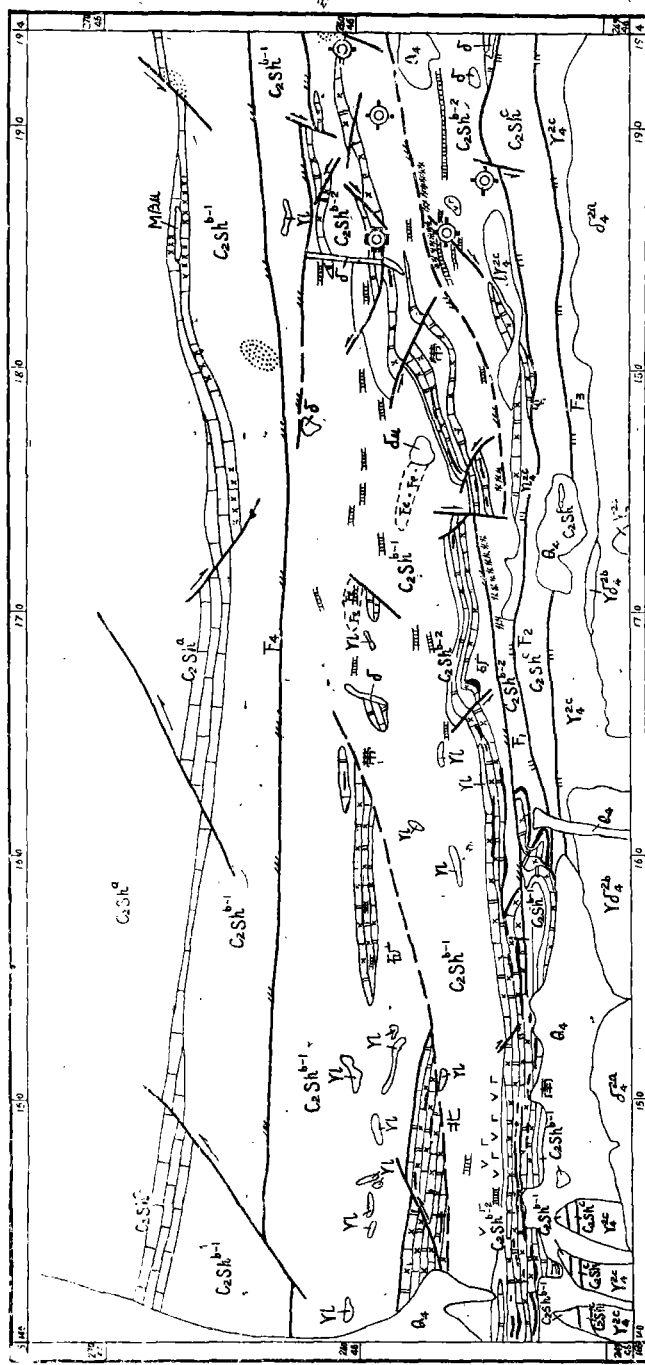


图2 矿区矿床地质图

1—第四系全新统；风成沙盐湖沉积及残积砂砾岩；2—中石炭统沙山组上岩段；肝色砂砾岩夹霏细岩；3—中石炭统沙山组中岩段上部；凝灰砂岩或凝灰砂砾岩夹灰岩；4—中石炭统沙山组下岩段；4—中石炭统沙山组中岩段下部；凝灰砂岩或凝灰砂砾岩夹灰岩；5—中石炭统沙山组下岩段；4—中石炭统沙山组中岩段上部；凝灰砂岩或凝灰砂砾岩夹灰岩；6—中石炭统沙山组下岩段；4—中石炭统沙山组中岩段下部；凝灰砂岩或凝灰砂砾岩夹灰岩；7—肉红色细晶岩；8—闪长岩；9—闪长岩；10—闪长岩；11—斜长细晶岩；12—闪长岩；13—闪长岩；14—闪长岩；15—闪长岩；16—闪长岩；17—闪长岩；18—闪长岩；19—闪长岩；20—闪长岩；21—闪长岩；22—闪长岩；23—闪长岩；24—闪长岩；25—闪长岩；26—闪长岩；27—闪长岩；28—闪长岩；29—闪长岩；30—闪长岩。

- |    |                                |    |                 |
|----|--------------------------------|----|-----------------|
| 1  | Q <sub>4</sub>                 | 16 | γ <sub>1</sub>  |
| 2  | C <sub>2</sub> Sh <sup>1</sup> | 17 | γ <sub>2</sub>  |
| 3  | C <sub>2</sub> Sh <sup>2</sup> | 18 | γ <sub>3</sub>  |
| 4  | C <sub>2</sub> Sh <sup>3</sup> | 19 | γ <sub>4</sub>  |
| 5  | C <sub>2</sub> Sh <sup>4</sup> | 20 | γ <sub>5</sub>  |
| 6  | LY <sub>2c</sub>               | 21 | γ <sub>6</sub>  |
| 7  | Y <sub>2c</sub>                | 22 | γ <sub>7</sub>  |
| 8  | Y <sub>2b</sub>                | 23 | γ <sub>8</sub>  |
| 9  | Y <sub>2a</sub>                | 24 | γ <sub>9</sub>  |
| 10 | Y <sub>2d</sub>                | 25 | γ <sub>10</sub> |
| 11 | Y <sub>2</sub>                 | 26 | γ <sub>11</sub> |
| 12 | γ                              | 27 | γ <sub>12</sub> |
| 13 | MP <sub>4</sub>                | 28 | γ <sub>13</sub> |
| 14 | MP <sub>3</sub>                | 29 | γ <sub>14</sub> |
| 15 | MP <sub>2</sub>                | 30 | γ <sub>15</sub> |

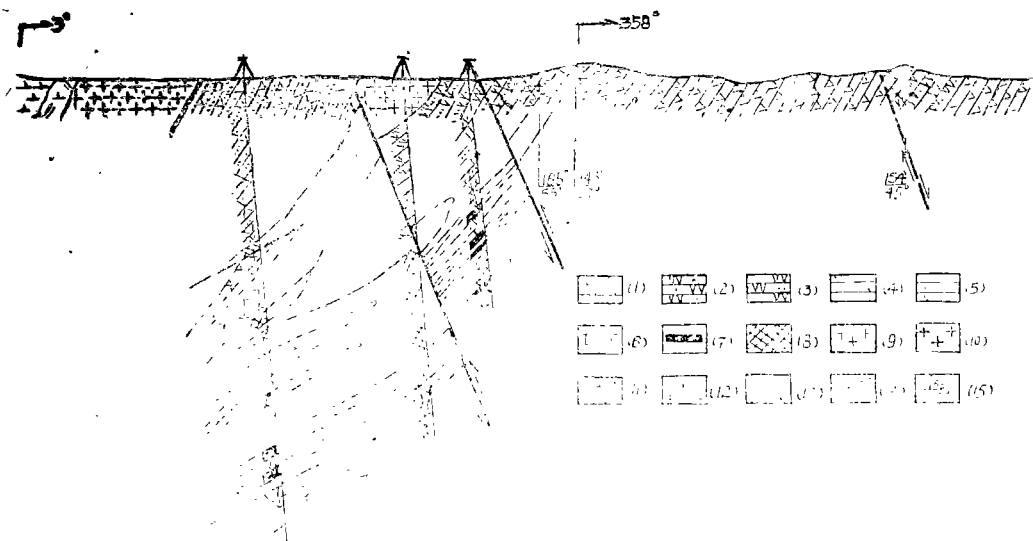


图3 136勘探线地质剖面图

1—灰褐色、灰绿色斑状安山岩；2—灰绿褐红色或杂色凝灰砂岩、钙质凝灰砂岩；3—灰白、黄褐色凝灰粉砂岩；4—肝红色铁质晶屑凝灰岩；5—红褐色霏细岩；6—铁白云岩及褐铁矿化灰岩；7—菱铁矿石；8—硬石膏岩；9—斜长细晶岩；10—花岗岩；11—花岗闪长岩；12—灰绿色辉石闪长岩；13—实测及推测断裂结构面；14—实测及推测地质界线；15—地层产状（倾向/倾角）

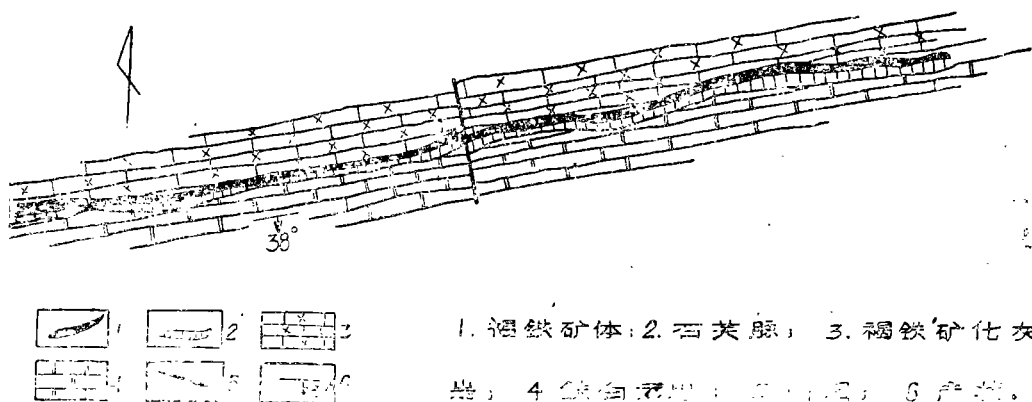


图4 110勘探线北端褐铁矿体和石英脉关系素描图

褐铁矿石：黑褐色、块状，局部具角砾状、蜂窝状、葡萄状和由褐铁矿、褐铁矿化灰岩相间组成的环带状构造。矿石矿物主要是褐铁矿（针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿），次为镜铁矿、赤铁矿、硬锰矿等。块状褐铁矿中褐铁矿呈胶状或呈细脉状充填在裂隙中；镜铁矿交代褐铁矿，有时见磁铁矿交代镜铁矿。矿石矿物为石英、方解石，个别样品见有葡萄石充填于空洞中。矿石化学分析：TFe一般为25—46%，平均37%，SiO<sub>2</sub>

10—22%；Mn1.6—4.2%；硫、磷含量不高。

菱铁矿石：块状构造，花岗变晶结构。矿石矿物为菱铁矿、铁白云石，局部含少量镜铁矿、黄铁矿。菱铁矿白色、米黄色，半自形—自形，粒度0.1—0.5毫米，大者1×0.5毫米，折光率 $N_o=1.789-1.80$ （偏低）。对两个单矿物分析结果进行计算，证实为含Mn的菱镁铁矿（表3）。脉石矿物有石英、绿泥石、石膏、明矾石等。菱铁矿穿插交代铁白云石，并和铁白云石一起穿插早期的硅化形成的微粒石英体；石膏、绿泥石和

表 3 库姆塔格菱铁矿石菱铁矿单矿物分析表

| 样品编号     | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TFe   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | SFe   | MnO  | MgO  | CaO  | CO <sub>2</sub> |
|----------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------|------|------|------|-----------------|
| 76KA—79  | 1.46             | 0.01             | 0.50                           | 38.82 | 0.56                           | 49.43 | 38.70 | 4.00 | 4.96 | 0.99 | 38.67           |
| 76KA—174 | 1.98             | 0.00             | 0.36                           | 38.31 | 0.64                           | 48.71 | 38.20 | 5.24 | 4.06 | 1.26 | 38.58           |

续上表

| 样品编号     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | S     | 总量     | Q    | Lo   | P    | Fm   | F     | f     | Mn   | M     |
|----------|-------------------------------|-------|--------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 76KA—79  | 0.03                          | 0.007 | 100.62 | 0.79 |      | 0.84 | 0.45 | 97.92 | 79.50 | 6.41 | 14.09 |
| 76KA—174 | 0.02                          | 0.019 | 100.87 | 1.18 | 2.24 |      | 4.93 | 91.65 | 81.17 | 9.05 | 9.78  |

注：（1）Q、Lo、P、Fm、F分别代表理论矿物的石英、绿泥石、绢云母铁白云石菱铁矿。（2）f、Mn、M代表参与菱铁矿中的Fe、Mn、Mg原子。

晚期石英分别呈脉状穿插交代菱铁矿。来自ZK148—4孔的样品中，见菱铁矿呈网脉状穿插绢云母化凝灰砂岩。菱铁矿石化学分析，TFe 24—38%，平均35%；Mn含量0.99—3.67%；SiO<sub>2</sub>含量变化较大，5.81—31.39%；硫、磷含量很低。

除褐铁矿石、菱铁矿石外，局部地段矿体中有镜铁矿石、镜铁矿——赤铁矿石、磁铁矿石等，但未见其单独构成较大的工业矿体。

三、围岩蚀变特征

库姆塔格菱铁矿床中，矿体附近或矿带上围岩具有强烈的中低温热液蚀变现象，如绢云母化、铁白云石化、绿泥石化、硅化、明矾石——石膏化等。

**绢云母化：**出现于控矿碳酸岩层以上的凝灰砂岩、凝灰粉砂岩及细晶花岗岩（斜长细晶岩）中。在凝灰砂岩和凝灰粉砂岩中，绢云母呈细小鳞片状，交代斜长石和火山物质的碎屑；当其全部被绢云母交代时，岩石显示变余砂状结构或变余凝灰质结构。细晶花岗岩中，仅部分样品见绢云母交代斜长石。

**铁白云岩化：**是矿区的重要蚀变作用。主要发生在碳酸岩（灰岩）层中，其次在凝灰

砂岩、凝灰粉砂岩中也比较普遍。铁白云岩新鲜面黄白色、米黄色，风化面以具有一层黑褐色漆皮（铁锰氢氧化物）为其特征。岩石具花岗变晶镶嵌结构，主要矿物成分为铁白云石，其次含不等量的重晶石、石英和方解石及绢云母。铁白云石交代方解石，形成交代残留结构，有时可见灰岩的残留体。铁白云石粒度大小不一，一般0.25—0.01毫米，分布不均匀。少数样品折光率 $N_o = 1.714 - 1.720$ ，属含铁白云石。铁白云岩的化学成分见表4。

**绿泥石化：**除在碳酸盐岩石中少见外，凝灰砂岩、凝灰粉砂岩中和菱铁矿石中都有出现。在凝灰砂岩和凝灰粉砂岩中大量的叶绿泥石以不规则浸染状分布，有时围绕斜长石，同时见细小的石膏交代绿泥石；菱铁矿石中，叶绿泥石呈脉状穿插交代菱铁矿，且往往和石英脉复合。因此绿泥石化发生的时间，比石膏化早，而晚于菱铁矿化。

**明矾石—石膏化：**为库姆塔格菱铁矿区的又一重要蚀变作用，不但范围大，而且蚀变的强度也大，从而形成石膏岩。据钻探工程揭示，从南矿带120勘探线向东至168勘探线，地下都有石膏岩层。石膏岩多呈复脉状，一般为1—8层，膨胀部位最大厚度 $>100$ 米，总厚度 $>130$ 米，但沿走向和倾向变化极大。石膏岩灰白色、粉红色，地下深处具花岗变晶结构，近地表处具斑状结构或似角砾状构造。矿物成分主要为硬石膏。含明矾石以及长石、石英、碳酸盐、黄铁矿、绿泥石等。石膏岩以呈脉状充填交代凝灰砂岩为主，其次交代铁白云石化灰岩和菱铁矿；在厚大的石膏岩脉中，捕虏有围岩团块（团块被石膏岩脉穿插）。

**硅化：**主要见于褐铁矿——菱铁矿体中。褐铁矿石中硅质物呈网格状，使矿石显示角砾状构造特征；当其遭受风化淋滤以后，形成蜂窝状构造，空隙间充填着葡萄状褐铁矿。菱铁矿石中，硅质物可以分为两期，即菱铁矿成矿前的硅质物被菱铁矿、铁白云石穿插，菱铁矿交代石英；成矿后硅质物为微细的石英，成脉状穿插菱铁矿石。

**褐铁矿化：**在外生条件下，矿床中的部分菱铁矿石被氧化转变成褐铁矿石。与此同时，矿体的近矿围岩铁白云岩及凝灰砂岩、凝灰粉砂岩也发生褐铁矿化作用，如形成褐铁矿化灰岩等。野外观察，褐铁矿化灰岩斜切铁白云岩走向，或与其基本一致。岩石为黄褐色，主要由方解石、白云石、铁白云石、褐铁矿、硬锰矿等组成，化学成分见表5。将其化学成分与铁白云岩的化学成分进行对比，可以看出，虽然各岩石的主要氧化物含量差别很大，但Fe、Mn的原子总数却大体接近。由此可见，褐铁矿化灰岩应属铁白云岩的次生产物，即在氧化条件下，沿着铁白云岩中的构造裂隙部位，含铁的铁白云石发生分解，析出的 $Fe^{2+}$ 被氧化成 $Fe^{3+}$ （褐铁矿），其它物质则重新组合形成方解石、白云石。整个过程中，主要元素Fe、Mn等没有明显地带出或带入活动。

以上蚀变作用，在矿带以外基本上没有或表现的非常微弱。矿带以外，火山岩中主要是区域性的绿帘石——绿泥石化、葡萄石化及局部的赤铁矿化，碳酸盐岩层中小范围内有褐铁矿化。这种差异，反映了矿带中的围岩和矿带以外地层的岩石遭受了不同的地质作用，经历了不同的地质历史。

#### 四、矿床成因及成矿作用过程

伟大领袖和导师毛主席教导我们：“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解

表4 铁白云岩化学成分表

| 岩石名称 | 样品编号     | 氧化物含量 · ( % )    |                  |                                |                                |      |      |       |       |                 |                 |                               | 总量   |                   |
|------|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------|-----------------|-------------------------------|------|-------------------|
|      |          | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO   | CaO   | CO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |      | H <sub>2</sub> O± |
| 铁白云岩 | 76KA—26  | 3.37             | 0.00             | 0.40                           | 1.01                           | 8.17 | 2.51 | 10.51 | 24.34 | 38.29           | 3.364           | 0.154                         | 0.10 | 92.218            |
|      | 76KA—220 | 10.43            | 0.00             | 0.35                           | 1.44                           | 9.70 | 1.99 | 10.95 | 25.53 | 39.95           | 0.153           | 0.082                         | 0.22 | 100.575           |
|      | 76KA—240 | 12.40            | 0.00             | 0.46                           | 2.18                           | 9.01 | 2.02 | 10.97 | 24.80 | 38.29           | 0.169           | 0.197                         | 0.16 | 100.596           |
|      | 平均值      |                  |                  |                                |                                |      |      |       |       |                 |                 |                               |      |                   |

| 岩石名称 | 样品编号     | Cp   | P    | Q    | C    | M | Fm    | Fo   | Mn | Cs   | f     | Mn   | M     | C     | m/f  | Σf  | ΣMn   |
|------|----------|------|------|------|------|---|-------|------|----|------|-------|------|-------|-------|------|-----|-------|
| 铁白云岩 | 76KA-26  | 2.23 | 0.68 | 2.71 | 1.3  |   | 95.25 |      |    |      | 14.96 | 4.16 | 30.88 | 50.00 | 2.06 | 126 | 35    |
|      | 76KA-220 |      |      | 8.74 | 0.20 |   | 91.06 |      |    |      | 15.89 | 3.09 | 30.02 | 50.00 | 1.78 | 153 | 28    |
|      | 76KA-240 | 0.20 | 0.76 | 9.90 | 0.20 |   | 87.68 | 0.96 |    | 0.30 | 15.44 | 3.29 | 31.54 | 50.00 | 2.03 | 153 | 28    |
|      | 平均值      |      |      |      |      |   |       |      |    |      | 15.49 | 3.49 | 30.75 | 50.00 | 1.96 | 144 | 30.33 |

注(1) Cp、Q、P、C、M、Fm、Fo、Mn、Cs分别代表理论矿物：磷灰石、石英、绢云母、方解石、白云石、铁白云石、褐铁矿、锰的氧化物以及石膏。(2) f、M、Mm、C代表参与白云石或铁白云石中的Fe、Mn、Mg、Co原子数。(3) m/f为参与白云石或铁白云石中的Mg与Fe原子比(4) Σf、ΣMn分别代表岩石中Fe、Mn原子数总和。

表 5

褐铁矿化灰岩化学成分表

| 岩石名称   | 样品编号     | 氧化 物 含 量 (%)     |                  |                                |                                |      |      |      |       |                 |                        |                               |                   | 总 量    |
|--------|----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|-----------------|------------------------|-------------------------------|-------------------|--------|
|        |          | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO   | CO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub><br>(S) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O± |        |
| 褐铁矿化灰岩 | 76KA—63  | 4.19             | 0.06             | 0.39                           | 10.86                          | 4.15 | 2.16 | 8.23 | 30.44 | 37.90           | 0.239<br>(S)           | 0.04                          |                   | 98.653 |
|        | 76KA—225 | 4.06             | 0.05             | 0.61                           | 12.44                          | 0.00 | 1.94 | 5.92 | 32.85 | 33.17           | 0.065                  | 0.136                         | 1.82              | 93.062 |
|        | 76KA—242 | 23.09            | 0.01             | 0.75                           | 9.37                           | 0.23 | 2.17 | 0.67 | 33.82 | 28.50           | 0.040                  | 0.027                         | 0.64              | 99.317 |
|        | 平 均 值    |                  |                  |                                |                                |      |      |      |       |                 |                        |                               |                   |        |

| 岩石名称   | 样品编号     | Q     | C     | M     | F <sub>m</sub> | F <sub>o</sub> | M <sub>n</sub> | Cs | f     | M <sub>n</sub> | M     | C     | M/f  | Σf  | ΣM <sub>n</sub> |
|--------|----------|-------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|----|-------|----------------|-------|-------|------|-----|-----------------|
| 褐铁矿化灰岩 | 76KA—63  | 3.68  | 23.66 |       | 66.88          | 5.78           |                |    | 13.21 | 4.87           | 31.92 | 50.00 | 2.42 | 194 | 31              |
|        | 76KA—225 | 3.91  | 48.10 | 38.66 |                | 8.98           | 0.35           |    | 0.00  | 6.55           | 43.45 | 50.00 |      | 156 | 28              |
|        | 76KA—242 | 21.30 | 61.90 | 9.98  |                | 6.82           |                |    | 3.33  | 28.89          | 17.78 | 50.00 | 5.34 | 121 | 31              |
|        | 平 均 值    |       |       |       |                |                |                |    | 5.51  | 13.37          | 31.05 | 50.00 | 2.58 | 157 | 30              |

注：表内矿物符号说明同表 4。

决。”矿床成因类型不同,控制成矿的条件不同,找矿的方向也不一样。因此,对矿床成因的探讨,具有重要的意义。

本矿床根据其赋存在火山岩系内,交代蚀变现象明显,其形成与中低温热液活动有关,应属中低温热液交代矿床。主要依据为:

1、含矿的碳酸盐岩层铁白云岩在岩性上变化很大,岩石中铁白云石交代方解石,并保留有灰岩的交代残留体,硬石膏岩在走向和倾向上厚度都不稳定,石膏明显地充填交代火山碎屑岩以及菱铁矿石,而且伴随有常为中低温热液蚀变所产生的矿物明矾石。这证明铁白云岩和硬石膏岩是热液活动的产物。

2、在菱铁矿石中,可见到菱铁矿呈浸染状、脉状交代穿插铁白云石(岩),而菱铁矿又被绿泥石、石英和明矾石、石膏脉穿插交代。从而直接地证实菱铁矿是热液活动过程中的产物,其生成时间比绢云母化、铁白云岩化要晚,但早于绿泥石化、硅化、明矾石—石膏化。从矿石具有网脉状构造和环带状构造来看,还显示了成矿热液交代破碎岩石或构造角砾的特征。

3、矿床产出于山字型构造前弧弧顶和东西向断裂带复合部位,矿体和石英脉相伴随,矿石具角砾状和交代环带状构造,说明矿床的成生与构造断裂之间有密切的关系。

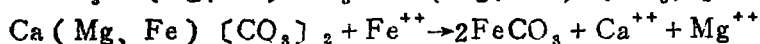
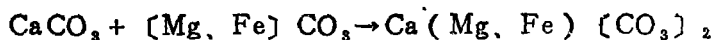
4、赋存矿床的地层——中石炭统沙山组中岩段,是一套以杂色或紫红色为主的火山碎屑岩,说明其沉积时属于相对氧化的介质环境。同时,凝灰砂岩和其中的碳酸岩层产有丰富的珊瑚、腕足、瓣鳃、海百合茎等化石,这些不同门类的化石在地层中从下而上规律出现,成层分布,又说明当时海水中富含氧气,含盐度不高。总之,无论从沉积环境或成矿物质条件来看,都是不利于沉积型菱铁矿床形成的,因为在氧化环境下, $\text{Fe}^{++}$ 势必被氧化成 $\text{Fe}^{+++}$ 形成赤铁矿。这也进一步为菱铁矿的后生交代成因提供了依据。

关于成矿热液的来源,目前尚缺乏直接的依据。有的同志认为,喷发熔岩过渡到火山碎屑岩部位,成矿后出现较多的铁质碧玉岩脉,成矿作用早期热液中需要有大量二氧化碳,中深成岩体离矿区较远且多在深断裂以南,故认为矿床赋存在火山碎屑岩中,火山碎屑岩之下为火山熔岩,热液来源可能为火山喷发期后的气液。不过根据矿区中侵入于凝灰砂岩中的细晶花岗岩(斜长细晶岩, $\gamma^2_4c$ )也具有绢云母化,推测似乎成矿热液与矿区南部华力西中期的二长花岗岩关系更为密切。

菱铁矿床的生成过程,大致可作如下推导:

矿区南部华力西中期二长花岗岩岩浆侵入之后,随着岩浆冷疑结晶过程,除分异出一些细晶岩脉外,并分异出大量的挥发组分,如 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 等,经过聚集形成含 $\text{CO}_2$ 的热水溶液;当构造变动引起围压力平衡破坏时,热液便藉助构造断裂作为通道向围压力低处运移。在运移的过程中汲取围岩中的 $\text{Fe}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 等物质,直到矿带部位。热液前锋首先和矿带中的火山碎屑岩接触,产生钾交代作用,形成绢云母化。

绢云母化之后,大量的含 $\text{CO}_2$ 的热液进入矿带,除使凝灰砂岩碳酸盐化外,主要沿石灰岩的层裂隙选择性溶解石灰岩层产生渗滤交代作用,先后使石灰岩铁白云岩化和铁白云岩菱铁矿化:



有人认为,石灰岩与白云石交代时,方解石全部被白云石交代以后,岩石体积减小12.3%。显然,岩石体积的减小,其中孔隙率必然增加,有利于后来含矿溶液的渗滤活动。所以,铁白云石化过程中,虽然没有生成菱铁矿,但却为菱铁矿床的生成创造了有利的条件。

菱铁矿床形成以后,矿区内仍有热液继续活动,但溶液中以含有Mg、Al、SiO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O、SO<sub>2</sub>为主,介质的氧化还原电位也有逐渐增高的趋势,所以出现绿泥石、石英和SO<sub>2</sub>被氧化成[SO<sub>4</sub>]<sup>-</sup>形成明矾石、石膏脉穿插菱铁矿石等,局部菱铁矿石经热水作用被氧化为镜铁矿石、赤铁矿石。此后,在外生条件下,部分菱铁矿石又被氧化而为褐铁矿石。

## 五、结束语

综上所述,库姆塔格菱铁矿床成矿地质特征是:

1、矿床产于山字型构造前弧弧顶和东西向断裂带复合部位,含矿围岩的时代为中石炭世晚期。

2、矿带围岩具有强烈的中低温热液蚀变现象,主要蚀变类型有绢云母化、铁白云岩化、绿泥石化、硅化、明矾石——石膏化等。褐铁矿化是菱铁矿石、铁白云岩等受外生氧化作用的产物。

3、菱铁矿床为中低温热液蚀变过程中的产物。在时间上,菱铁矿化晚于绢云母化和铁白云岩化,早于绿泥石化、明矾石——石膏化及部分硅化。矿床属中低温热液交代类型。

4、矿床的生成部位受不同构造体系复合处控制,而有利于成矿的围岩是铁白云岩化灰岩或铁白云岩。近矿体的铁白云岩常被氧化成黄褐色的褐铁矿化灰岩。

5、成矿热液的来源,可能与矿区南部华力西中期二长花岗岩或中石炭统火山喷发有关。