

繁昌桃冲铁矿成因探讨

倪若水 王道华

(南京地质矿产研究所)

桃冲铁矿, 开采历史悠久, 由于其品位富, 以平炉富矿为主要矿石类型, 受到了重视。有关矿床的成因也一直被人们所注意。自三十年代提出火成接触变质——热液成因的观点以来(谢家荣、程裕淇 1935)^[2], 人们习惯于将矿床划归于矽卡岩型。

作者通过野外调查和初步研究之后, 对本区铁矿的成因产生了疑问。本文就现有资料的分析, 对层状矽卡岩的形成条件和铁矿的成因, 做如下讨论。

一、矿床地质特征

桃冲地区铁矿床, 沿红花山(长龙山)倒转背斜分布^①: 北翼有长龙山铁矿, 南翼有顺风山铁矿, 鞍部有圆帽山铁矿, 西倾没端有阳山、磁墩头等铁矿(图1)。矿体均展布在高丽山组与栖霞组之间的石炭系中—上统中。这种分布在同一个背斜的不同部位, 并受特定层位控制的矿床是层控矿床的明显的标志。矿区内只分布有小脉岩, 滨江花岗岩体距矿区4公里。

矿体随褶皱构造而转折, 具同步构造关系(图2)。长龙山矿区由于次级向斜构造, 钻孔中见到矽卡岩和矿体重复出现在栖霞组上下的石炭系碳酸盐岩中。矿体呈似层状、透镜状, 与地层产状接近, 在褶皱转折部位, 矿体常有膨大现象。

主要矿区长龙山铁矿, 矿体走向 $N80^{\circ}E$, 与地层一致, 标高50米以上的矿体为陡倾斜, 倾向南, 倾角 $60^{\circ}-90^{\circ}$; 50米—负200米为缓倾斜, 倾向北, 倾角 $20^{\circ}-30^{\circ}$ 。

矿化带延长700米, 宽度80—100米, 浅部以镜铁矿为主的富矿体在矿带范围内有分枝复合、尖灭收缩的变化, 局部有横向穿插, 而且沿垂向向下收缩并向磁铁矿过渡。

长龙山矿区以赤(镜)铁矿石为主, 其自然类型为方解石-石英-赤(镜)铁矿(穆磁铁矿)、矽卡岩矿物-赤铁矿或菱铁矿。其他矿区为磁铁矿矿石, 自然类型为方解石或白云石-磁铁矿、矽卡岩矿物-磁铁矿。

主要金属矿物为磁铁矿, 其次为赤(镜)铁矿, 少量穆磁铁矿、菱铁矿、黄铁矿, 偶见黄铜矿。主要非金属矿物有钙铁榴石、透辉石、透闪石等矽卡岩矿物及方解石、白云石、冰长石等。

根据磁铁矿、赤铁矿的单矿物化学分析和光谱分析资料, 以下几种元素具有对比特征:
 V_2O_5 : 含量在0.007—0.018%, 一般0.012%。各种矿石类型中的铁矿物差别不大。其

① 张士钰、于钟智1966年资料。

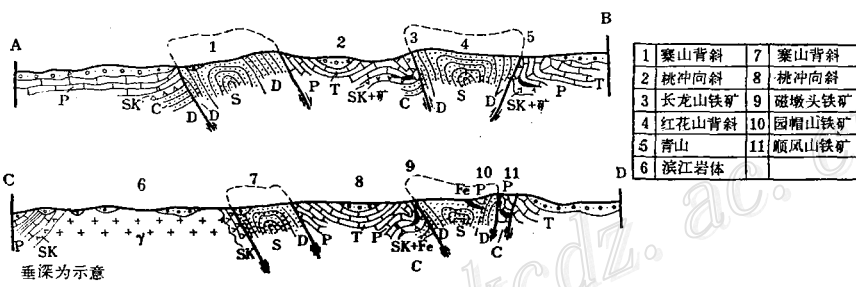
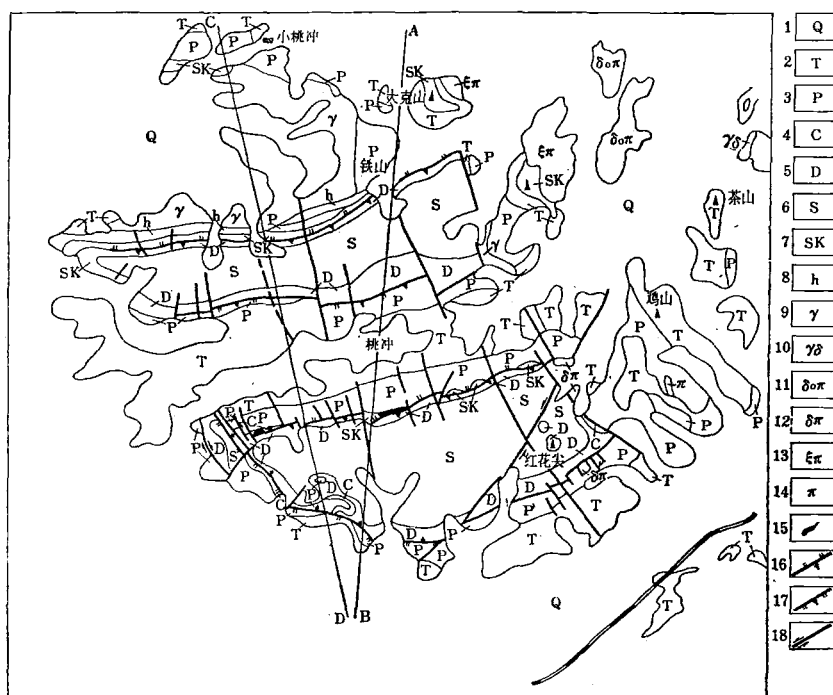


图1 繁昌桃冲地区地质图

(据冶金八〇三队资料改编)

Fig. 1. Geological map of the Taochong area, Fanchang County.

- 1—第四系；2—三叠系；3—二叠系；4—石炭系；5—泥盆系；6—志留系；7—砂卡岩；8—角岩；9—花岗岩；
10—花岗闪长岩；11—石英闪长玢岩；12—闪长玢岩；13—正长斑岩；14—斑岩；15—铁矿；16—逆断层；17—正
断层；18—平移断层

含量明显低于岩浆型、火山岩型或热液型。与马坑式铁矿相近，略高于石碌式铁矿。

TiO₂: 含量为0.004—0.31%，以0.013%为主。对比特征和 V₂O₅ 相似，但比马坑含量要低。

MgO: 0.08—2.34%，其中赤铁矿 0.08—0.20%，较磁铁矿低，而磁铁矿中含量变化较大，可能与原始围岩性质有关。

Sn: 在赤铁矿矿石中低于光谱灵敏度，而磁铁矿中含量为 0.002—0.015%。

Mo: 0.003—0.006%，一般以 0.003% 为主，而最大值落在赤铁矿中。

Be: 只出现在赤铁矿中，磁铁矿中低于光谱分析的灵敏度。

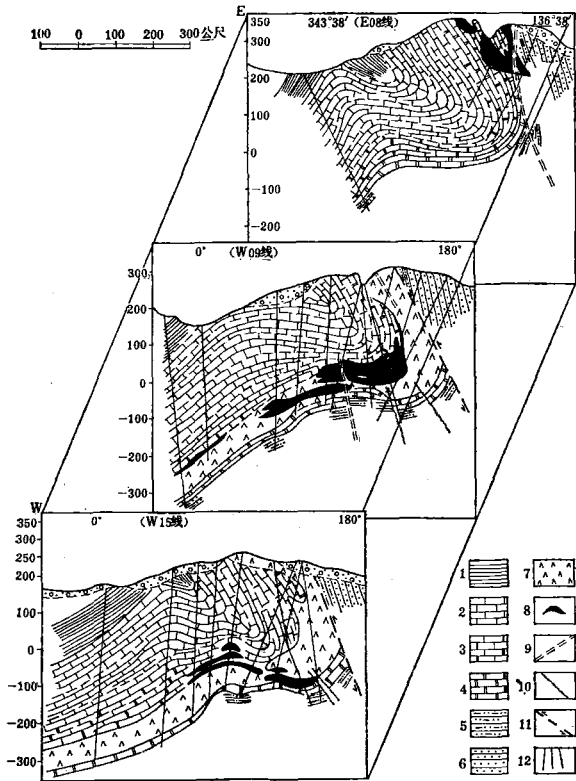


图 2 桃冲矿区勘探线剖面图

(据冶金八〇三队资料改编)

Fig. 2. Geological section along the exploration line of the Taochong mining area.

1—二叠系孤峰组—龙潭组 (P_{1g}—P_{2l}); 2—二叠系栖霞组 (P_{1q}); 3—石炭系中、上统黄龙组—船山组 (C₂₋₃); 4—石炭系中统黄龙组下部 (C_{2h1}); 5—石炭系下统高丽山组 (C_{1g}); 6—泥盆系上统五通组 (D_{3w}); 7—石榴石砂卡岩; 8—铁矿体; 9—闪斜煌斑岩脉; 10—张性断裂; 11—压扭性断裂; 12—钻孔

矿石类型	组分差异特征
方解石或白云石-磁铁矿	MgO 高, Mn 稍高, TiO ₂ 较砂卡岩磁铁矿低, 且稳定, 含 Ga, Sn, Ni/Co 为 2—4
砂卡岩矿物-磁铁矿	CaO 高, MgO 低, TiO ₂ 稍高, Mn 稍低, 不含 Ga, Ni/Co < 2
赤(镜)铁矿	CaO 高, MgO 低, 不含 Sn, Mo 高, 含 Be, Ni/Co 为 2—1

Ni/Co: 赤(镜)铁矿石为 1—2; 方解石或白云石-磁铁矿为 2—4; 砂卡岩矿物-磁铁矿 < 2。

不同矿石类型的主要铁矿物组分差异如左表。

本区围岩蚀变以发育一套层状砂卡岩为特征。此外, 在矿体和层状砂卡岩的上盘栖霞组石灰岩中有大理岩化, 局部有轻微硅灰石化, 下盘高丽山组中有钠长石化。

二、层状砂卡岩形成条件的初步分析

(一) 层状砂卡岩的分布及产状

层状砂卡岩赋存在一定层位内, 主要是出现在由碎屑岩相向碳酸盐相过渡的特定岩性内, 即以中晚石炭世地层为主, 包括栖霞组石灰岩下部燧石灰岩段。

砂卡岩呈层状、似层状产出, 与褶皱呈同步构造 (图2), 厚度时有膨胀收缩, 一般长为 50—60 米, 顺层延伸最大可达 1000 米, 其中常有大理岩夹层或残留体。有时见到与石灰岩组成的条带构造, 或与粗晶方解石呈条带状分布。

(二) 矽卡岩的矿物相分带

矽卡岩的矿物相分带与围岩岩性关系密切(表1)。绿帘石、黝帘石及斜长石岩带则主要受

矽卡岩矿物相分带与围岩岩性的关系 (表1)

地层时代	岩性	矽卡岩带	围岩主要特征元素	元素迁移	矽卡岩矿物相	矿物共生组合
P1q	燧石灰岩	燧石灰岩带	Ca	Ca	硅灰石(重结晶灰岩)	硅灰石、石英、方解石
C2+3	灰岩、白云质灰岩	灰岩、白云质灰岩带	Ca	Ca	透闪石	透闪石、玉髓、方解石
					Mg	Mg
C2	白云岩	白云岩带	Mg	(Fe)	钙铁辉石(次透辉石)	钙铁辉石-次透辉石、钙铁榴石、假像纤闪石、方解石、石英、赤铁矿、磁铁矿
					钙铁榴石	
C1	粉砂质泥岩	白云岩带	Mg	Mg	贵橄榄石	贵橄榄石、蛇纹石
C1	粉砂质泥岩	粉砂质泥岩带	Al	Fe	绿帘石、黝帘石-斜长石	绿帘石、斜黝帘石、黝帘石、斜长石
					Si	Si

铝质围岩所控制。如高丽山组粉砂质泥岩、粘土岩等，蚀变之后容易形成含铝的矽卡岩矿物。贵橄榄石(蛇纹岩)岩带主要分布在白云岩段(老虎洞组)，这与岩石本身富镁并且相邻地层有铁质带进有关。如高丽山组的含铁疙瘩，有利于贵橄榄石岩带的形成。钙铁辉石、钙铁榴石、透辉石、次透辉石岩带则受以钙镁为主的石灰岩、灰质白云岩以及有铁质和硅质来源的一套岩石控制。由于顶板栖霞组灰岩下段富含有机碳和硅质结核，底板高丽山组 Si、Fe 组分相对较高，所以构成层状矽卡岩的主要元素

(Si、Fe等)有其就近的来源。

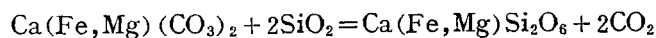
(三) 层状矽卡岩的形成条件

长期以来，对本区矽卡岩的形成，都用接触变质反应或渗透交代来解释。可是矿区内只有小脉岩，滨江花岗岩体距矿区4公里远。目前的最深钻孔已达千米，仍未发现隐伏岩体。因此上述矽卡岩形成的观点难以使人信服。作者认为：

1. 本区的矽卡岩分布在一定层位的岩相带内，成层状分布，随褶皱而起伏。

2. 矽卡岩的矿物相及其分布，不存在一个从内带向外带，由干矽卡岩到湿矽卡岩的分带模式。本区矽卡岩的矿物相分带，主要受原始围岩的岩性所控制。同一个带中可以出现无水矽卡岩和含水矽卡岩，如透辉石、钙铁辉石和透闪石共生。根据资料^[1]在人工合成透辉石时，在碱性溶液中，温度在470℃、500℃、600℃，压力为500—930大气压时，有透闪石、钙铁辉石出现。上述实验表明了矽卡岩不一定存在干湿分带，就是出现分带也不完全是以岩体为中心，以温度、压力为主要条件的分带。此外，次透辉石、石英、方解石同一世代顺序晶出至少可以说明一部分矽卡岩矿物其形成温度不高。

3. 矽卡岩与矿体统一在一个地质体中，是经历于相同地质作用的不同产物，它们之间在空间上、成因上彼此相关。在空间分布上，一般说来，凡是出现矿体的地方，附近均可能见到矽卡岩的发育，但是矽卡岩发育的地段，则不完全均有铁矿体存在。此外，从钻孔和坑道中所见矿体厚度与矽卡岩带有反消长关系，这种反消长出现在厚度大致相近的一个包括了矽卡岩和矿体的总矿化带中。其原因是复杂的，结合本区的具体地质条件来考虑，至少有以下两方面：首先是矽卡岩的发育强度与围岩中的 Si 元素的化学势有关。一些含铁的碳酸盐，与岩石中硅质物发生反应，生成了含铁硅酸盐矿物，因而使铁贫化，铁矿变薄，其化学反应式：



在后期气热作用改造下，又进一步使矿体与矽卡岩的关系复杂化。主要是随着气液强度的变

化、改造的深浅，而产生了这两者之间的厚度上的变化。本区滨江岩体近侧只发育矽卡岩带而少矿体，其原因很可能是富硅的酸性环境，使铁分散在含铁硅酸盐矿物中。

4. 考虑到矽卡岩矿物的主要组分，即Ca、Mg、Fe、Al、Si等元素，与炉渣相似^①，铁矿与矽卡岩的形成机理可以与高炉炼铁相比较。主要有两个条件：其一是具有上述主要元素组合特征的地层条件，其二是热源条件。

鉴于本区泥盆系一下二叠统之间为一套碎屑岩相（含铁疙瘩）和镁质、钙质、铁质碳酸盐岩相（上部含硅质结核），并夹有碳质碎屑岩，基本上具备了Ca、Mg、Si、Al、Fe以及碳质等元素。地层条件仅是一基本条件，只有在热源充分的条件下，才能发生矽卡岩化和矿化作用。自然界的热源除岩浆活动外，诸如区域变质、动力变质、有机质燃烧等均是。经地质作用所产生的热力条件，在本区首先表现于印支运动时地层褶皱和后来的断裂、岩浆活动。在区域动力作用下，在刚性的志留系、泥盆系和塑性的泥盆系后的地层界面处，应力最为集中。在封闭系统中，使动能转换成热能，使岩石受热、有机质燃烧，产生了热变质作用，形成了透辉石、石榴石角岩和灰岩大理岩化，并使含铁碳酸盐分解成磁铁矿，同时使地下水受热，产生了热水溶液，进一步形成矽卡岩化和磁铁矿化的叠加改造。随着围岩的重结晶或角岩化、矽卡岩化，岩石的孔隙度增高，裂隙发育率增大，渗透的地下水增加，而水溶液作用更加显著。同时，断裂活动所伴随的气液活动，也造成对先期矽卡岩矿物的改造，如钙铁辉石、钙铁榴石的析铁去硅作用，形成磁铁矿、赤铁矿。

综上所述，本区层状矽卡岩是由一套特定的岩相组合，经历了一定的热力事件，并一再受到后期气热溶液的叠加改造而成，属于沉积-热变质改造的层控矽卡岩。

三、关于铁矿的成因

鉴于上述有关矿床地质特征的基本事实，现归纳成以下几个主要方面来讨论矿床的成因。

表 2

矿床类型	Ni/Co	V ₂ O ₅ /TFe
玢岩型（宁芜）	0.9—2.5	0.23—0.58
接触交代型（邯邢）	0.5—1.7	
火山沉积-改造型（马坑）	1.65（主矿） 0.77（小矿）	0.036 0.018
沉积型	2—8	
沉积变质型（大西沟）	5.3	
本区	方解石或白云石-磁铁矿	2—4
	矽卡岩矿物-磁铁矿	<2
	赤（镜）铁矿	1—2

（一）沉积-动力热变质的成矿作用

鉴于本区铁矿与火成岩缺少空间上的联系；铁矿体产在特定的层位内与围岩顺层接触，同步褶曲；铁矿石保留有条带状、顺层条带状构造，等粒镶嵌结构；地球化学指示元素V₂O₅/TFe的比值与火山沉积-改造型（马坑式）相似，Ni/Co比值更接近沉积型或沉积变质型（表2）。均表明本矿床具明显的层控特征。赋矿层位和岩石组合特征，即由粉砂质泥岩到白云岩、白云质灰岩，反映了一个从酸性转变为碱性的介质环境，伴随有铁碳酸盐矿物的沉积成矿作用。在地质历史的进程中，由于热力

① 据苏良赫1964年《造岩矿物的晶体发育过程》。

事件(区域动力变质为主)引起了石灰岩中铁碳酸盐(菱铁矿)的分解,形成了磁铁矿。有关铁碳酸盐(菱铁矿)矿源层的推论是基于以下几方面的佐证:

(1) 在长江中下游地区,与其相同的层位、相似的岩性段内,存在有沉积菱铁矿层位。如黄梅矿区、邻近的新桥地区,我们新近发现同一层位的磁铁矿石中有菱铁矿的残余(磁铁矿物相分析 FeCO_3 中之 Fe^{2+} 最高可达12.07%),侵蚀后有菱铁矿的鲕状结构残余。

(2) 矿物组合简单,硫化物少。结构上表现为磁铁矿与方解石或白云石呈等粒镶嵌结构,随方解石重结晶磁铁矿粒度增大。矿石中不见铁矿或石英碎屑,也没有发现鲕状赤铁矿、绿泥石等。以上这些特点与岩浆热液矽卡岩型铁矿、机械沉积的宁乡式铁矿或化学沉积的宣龙式铁矿都不同,与沉积的硫化矿床也不同,而与铁碳酸盐岩相似。

(3) 菱铁矿的形成需要一定数量的有机碳参与。从繁昌桃冲矿区部分铁矿石中所含有机碳与长江中、下游地区几个不同成因类型铁矿石中有机碳含量^①的对比来看,黄梅矿区属于原生沉积菱铁矿矿石,有机碳含量最高(九个样平均0.162%);新桥矿区一部分磁铁矿矿石中有原生沉积菱铁矿的残余,有机碳含量为其次(四个样平均0.062%);繁昌桃冲矿区有机碳含量较新桥矿区为低(五个样平均0.026%);铜陵老庙基矿段有机碳含量最低(四个样均为0.01%)。原始有机物在变质作用中可以氧化成 CO_2 ,即 $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2$ (据 Eugster, 1972)^[3]。所以随着变质改造程度的加深,有机碳含量随之降低,但一般仍普遍高于矽卡岩磁铁矿石(铜陵老庙基),可做为一种标志性的特征。

(4) 根据古地理分析^②繁昌地区石炭纪时期相当于一个水下隆起,由繁昌到铜陵是一个由水下隆起区向深水区的过渡地区,沉积相由含铁碳酸盐相向铁硫化物相过渡,也是由弱还原向强还原过渡的环境。因此本区的古地理环境与含铁碳酸盐相的沉积是相适应的。

(二) 后期气热溶液叠加改造作用

本区铁矿的形成,除了沉积-动热变质作用外,还经历了后期气液的叠加改造作用,使其最终构成工业矿石。长龙山赤(镜)铁矿的形成就是这一作用的产物。

首先,表现在矿体形态方面,由于气液改造,使矿石的富集和贫化相穿插,使似层状矿体变成了膨胀收缩、分枝复合和脉状穿插的赤(镜)铁矿富矿体。其次,矿石类型、矿物组合、结构构造及与围岩之间的关系,反映了成矿作用演化系列的叠加改造作用(表3)。

表 3

沉积 成矿 作用	后 生 改 造 成 矿 作 用					
	热 变 质 作 用		共 结 分 凝	反 应 交 代	变 晶 交 代	成 脉
	分 解	重 结 晶				
菱 铁 矿	280℃菱铁矿分解成为磁铁矿	粗晶自形磁铁矿	磁赤铁矿、假像赤铁矿	赤铁矿交代磁铁矿,交代残余结构	赤铁矿、镜铁矿,花瓣状构造	石英-镜铁矿脉

此外,叠加改造还表现在对矽卡岩矿物的作用,如钙铁硅酸盐类矿物(钙铁辉石、次透辉石、钙铁榴石等),在 O_2 、S、 H_2O 、 CO_2 的共同作用下,很易析铁去硅,经活化迁移形成

① 根据地质矿产部石油中心实验室分析结果。

② 据常印佛、刘学圭1980年资料。

了一部分磁铁矿、赤铁矿石，铁矿体与矽卡岩厚度之间的反消长关系与此种改造作用的强弱程度有关。在镜下常能见到各种矿物的取代关系、假像结构或交代残留结构等。

铁的氧化物系列： $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{O}_4-r\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3-2\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，在晶体结构方面具有一定的关系，互相间容易发生反应而出现假像化。长龙山富铁矿中以自形板条状的赤（镜）铁矿为主，不可能是固态变晶的产物，而是从溶液中晶出的，反映了后期热水溶液的作用。

考虑到区域地质构造背景，燕山运动，特别是晚期（白垩纪）有强烈的构造岩浆活动，滨江花岗岩的形成以及相邻地区的流纹岩的发育，直接影响到本区的热水溶液的活动，促进了后期的叠加改造作用。

综上所述，本矿床属于沉积-热变质-热液改造复成因的矿床。

野外工作期间得到冶金八〇三队的大力支持和帮助。杨道斐、傅德鑫、吴履秀参加了部分工作，臧玉英清绘图件。本文承李文达教授提出宝贵意见、谨表谢忱。

参 考 文 献

- [1] 章振根 1979 矽卡岩及其主要矿物的形成条件 地质地球化学 第四期
 [2] Hsieh, C. Y., 1935, Geology of the iron deposits in the Lower Yangtze region. *Geo. Men. A.* 13.
 [3] Eugster, H. P., 1972, Reduction and oxidation in metamorphism; *Internat. Geol. Cong.* 24th, Montreal, Sec. 10, pp. 3-11.

AN INVESTIGATION INTO THE GENESIS OF TAOCHONG IRON DEPOSIT IN FANCHANG COUNTY, ANHUI PROVINCE

Ni Ruoshui and Wang Daohua

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

The problems of the formation conditions for stratiform skarns and the genesis of the Taochong iron deposits are dealt with in this paper. Following is a summary of this discussion:

1. Stratiform skarns in this area occur in carbonate rocks of the Upper and Middle Carboniferous Period and the lower part of the Permian Qixia Group. No outcropping or concealed igneous bodies have ever been found, let alone any indications of an igneous contact zone or a corresponding zonality from "dry" skarn to "wet" skarn. The mineral facies and zonation of the skarns depend predominantly on the properties of the initial host rocks, and the development of skarns seems to have had much to do with chemical potential of silicon in these host rocks. As a result of the reaction of iron-bearing carbonates with

siliceous materials in the rocks, iron-bearing silicates were formed, which in turn were transformed by pneumato-hydrothermal processes of the later stage. The stratiform skarns of this area, therefore, probably fall into the category of stratabound skarns subjected to transformation of thermometamorphism.

2. The iron deposits bear undisputable stratabound characteristics. The positions of ore-bearing beds and the petrological features as well as the mineral associations all point to a sedimentary ore-forming process of iron-carbonate (siderite). The presumption of siderite ore source is supported by the following facts, (1) Remnants of sedimentary siderite which survived the metamorphism have recently been observed in magnetite ore from neighbouring Xinqiao mining area. Siderite can have as many as 12.07% Fe^{++} and, after corrosion, shows oolitic texture. (2) The ore is mainly of calcite/dolomite-magnetite type. Mineral associations are quite simple and sulfides are rarely seen. (3) A comparison of the analytical data suggests that the content of organic carbon in iron ore decreases due to oxidation caused by metamorphism but is still higher than that in magnetite of contact-metasomatic skarn. (4) The paleogeographic reconstruction shows that this area was once an ancient underwater uplift favorable for the precipitation of iron carbonates. After its formation, the siderite bed underwent thermodynamic metamorphism and was hence decomposed into magnetite, which was then subjected to the superimposed transformation by subsequent hydrothermal fluids, leading to the partial activation and migration of iron matter and thus the formation of such ore as hematite (specularite) at shallow depth of the Changlongshan mining area.

In brief, this deposit has a complex genesis; it experienced sedimentation, thermal metamorphism and transformation by hydrothermal fluids.

<http://www.kd7.ac.cn/>