

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

江西乐华层状锰矿与 脉状铅-锌矿的成因联系

顾连兴

(南京大学地质系)

江西乐华中石炭统底部锰矿层不整合地覆盖于元古界板溪群之上, 紧邻不整合面的板溪群千枚岩、片岩中则有脉状铅-锌矿体赋存。两种矿石是中石炭世同一个海底热液系统在不同环境下的产物。在水-岩界面之下的还原环境里, 铅和锌首先以硫化物的形式析出, 当热液注入水盆地后在氧逸度较高的条件下, 锰即以碳酸盐的形式沉淀。上有层状锰矿, 下有脉状铅-锌矿, 这样的矿床组合特征值得找矿工作中充分重视。

乐华矿区同时存在着石炭系底部的层状锰矿和下伏地层中的脉状铅-锌矿。以往人们皆认为, 层状锰矿是石炭纪正常海相沉积的产物, 其矿质来自古陆的风化, 而脉状铅-锌矿则是与假设的深部侵入体有关, 属燕山期热液矿床, 两类矿床只是邂逅相遇, 在成因上并无联系。笔者的新近研究表明, 两者之共存并非偶然, 它们是中石炭世同一个海底热液系统在不同环境下的产物。

一、矿区地质概况

乐华矿区位于乐平县城东南 25km 的众埠街镇附近 (图1), 故旧称众埠街锰矿。矿区在大地构造上隶属江南地槽斜东段。自雪峰运动使前寒武系板溪群发生褶皱之后, 该区早古生代一直处于隆起状态, 至海西期又重新沉降, 使中石炭统黄龙组底砾岩不整合于板溪群之上。此后各时代的地层见表1。

乐华锰矿区分为大、小铁山和花亭两个矿段 (图1)。大、小铁山矿体解放前就已开始露采, 今已采尽。花亭矿段为1958年发现的隐伏矿体。在勘探该矿段层状锰矿的过程中又发现了下伏地层中的铅-锌矿。

矿区内锰矿体均呈层状产于黄龙组底部不整合面附近, 总体上呈南北走向, 向东倾斜 (图2)。厚度米至40余米, 内夹数层硅质岩、硅质白云岩和含锰灰岩。矿石按成因可分为原生碳酸盐矿石和次生氧化物矿石。两者常互为过渡, 界线不清。氧化物矿石是碳酸盐矿石的表生氧化产物, 但其量却占矿石总量的90%以上, 成分主要为硬锰矿、软锰矿、锰方解石、赤铁矿、褐铁矿等; 碳酸盐矿石仅在深处局部地段残留, 主要成分为菱锰矿、菱铁矿和石英等。

铅-锌矿呈脉状产于花亭矿段锰矿层下方的板溪群千枚岩中 (图2)。脉中金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿和黄铁矿, 并含少量黄铜矿、毒砂、辉铜矿、磁黄铁矿和赤铁矿等。脉石矿物主要为石英、碳酸盐和云母等。矿脉宽度0.1—1 cm者居多, 其次为1—5cm者, 大于10cm者少见。产

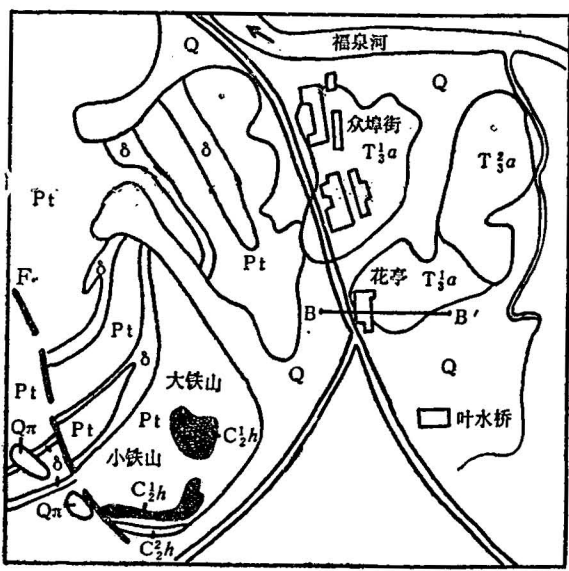


图 1 乐华锰、铅-锌矿区地质平面示意图
(据孙孝伯, 1985, 有所增减)

Fig.1 Geological map of the Lehua manganese and lead-zinc mine
(modified from Sun Xiaobai, 1985)

Q—第四系; T_{3a}—安源组长石砂岩; T_{3a}—安源组砂砾岩; C_{2h}—黄龙组灰岩; C_{2h}—锰矿层; Pt—板溪群千枚岩、片岩; delta—变质闪长岩; Q π —石英斑岩; F—断层

表 1 乐华矿区地层简表
Table 1 Stratigraphical column in the Lehua mine

地 层 名 称			符 号	岩 性 描 述	厚 度 (m)	接触关系
系	统	组				
第四系	更新—全新统		Q	粘土、砂、砾石	0—50	不整合
三叠系	上统	安源组	T _{3a}	黄褐色、灰白色砂页岩夹煤层	800	
石炭系	中统	黄龙组	C _{2h}	上段浅灰色厚—巨厚层状灰岩; 下段灰白色厚层状白云岩, 含锰矿层, 底部为砾岩	300—620	不整合
前寒武系		板溪群	Pt	灰绿色千枚岩、片岩	>2000	

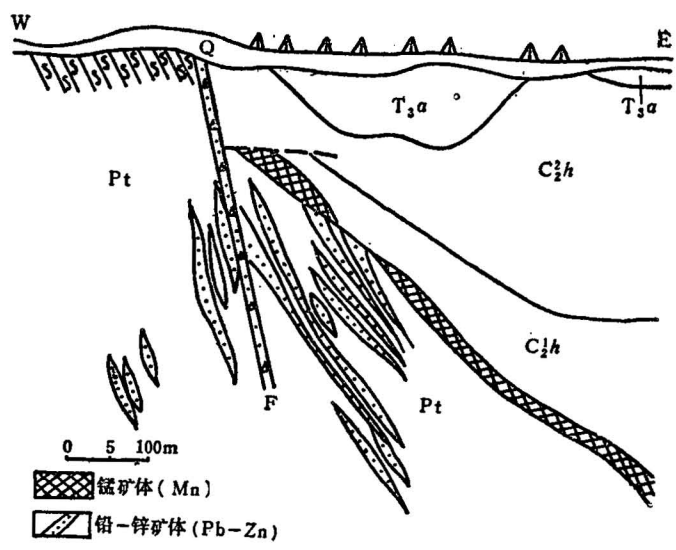


图 2 乐华矿区花亭 I 矿带B-B'
地质剖面图

(据江西省冶金地质勘探公司第十一地质队资料)
地层代号见图 1

Fig.2 Geological section B-B' cutting ore body No.1 in the Lehua mine
(data from Geological Team No.11 of the Jiangxi Ge. exploration Company)
symbols for strata as Fig.1

状大多与千枚岩的片理斜交，并常可见到不同方向矿脉的互相切割。脉的两壁平整，脉旁常有浸染状黄铁矿化和铅、锌矿化，并可见轻微的硅化、绿帘石化、绿泥石化和碳酸盐化等蚀变。矿体与围岩无清楚的界线，须借助化学分析圈定。

矿区中锰和铅-锌已分别达大型和中型规模。

二、层状锰矿的热泉沉积特征

锰矿层的如下特征，表明它是海底热泉注入水盆地后的沉积产物。

1. 各矿体均呈层状，严格地受黄龙组与板溪群的不整合面控制（图2）。主矿体顺地层稳定延伸超过1km。在不整合面产状平缓处（台阶平面上）矿层较厚，在不整合面产状陡倾处（台阶转折处）矿层较薄或缺失（图3）。充分表明成矿作用受不整合面古地形控制的特征。

2. 矿石除具有块状构造外，尚见锰质与碳酸盐、硅质岩和砂泥质相间而成的沉积微层理构造。

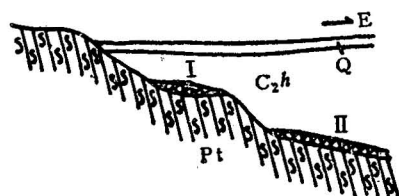


图3 乐华矿区锰矿3线地质剖面示意图，表示台阶转折处矿层缺失

（据江西省冶金地质勘探公司第十一地质队资料）。

I—I台阶矿体；II—II台阶矿体，
地层符号见图1

Fig. 1 Sketch map of geological section No. 3 through manganese ore bodies in the Lehua mine illustrating the thinning out of the ore layer towards the paleotopographic slope

（data from Geological Team No. 11 of Jiangxi Metallurgical Geoprospection Company）

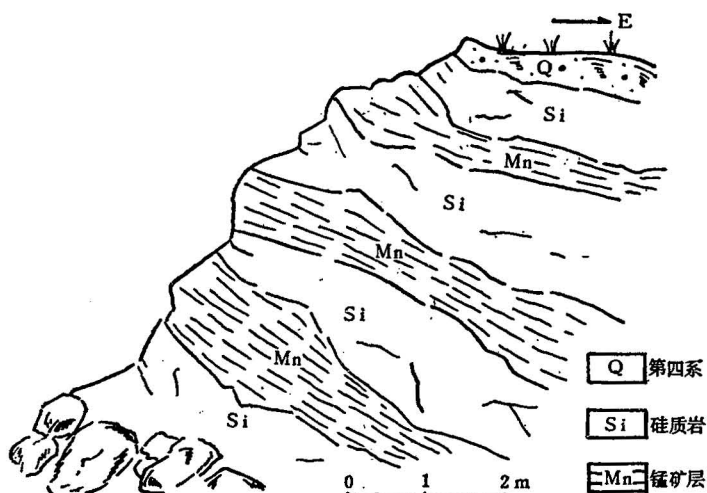


图4 小铁山采坑锰矿与硅质岩互层素描图

Fig. 4 sketch map showing interbedding of manganese ores with siliceous rocks on the wall of the Xiaotieshan pit

3. 锰矿层的矿物成分简单，仅为一套沉积作用矿物组合，未见任何特征性的热液矿物。矿层与围岩界线清晰，甚至白云岩等极易交代围岩中也无任何热液蚀变痕迹。

4. 锰矿体中夹有数层硅质岩。在小铁山露采坑中可见硅质岩与锰矿层呈互层状整合产出（图4）。A. R. Jr. Kinkel^[1]所综合的大量文献表明，硅质岩是海底热泉活动的特征性组分。本矿区的硅质岩呈灰白色，致密坚硬，镜下主要由玉髓和微细粒石英组成。笔者于小铁山所采样品的化学分析结果列于表2。由表2中可知，锰矿层内硅质岩夹层的锰含量甚低。所以，如果成矿物质是来自周围古陆，就很难设想，在锰矿层沉积的短暂间歇期内，来自古陆的物质竟全部是硅质而完全缺乏锰质。

表 2 小 铁 山 硅 质 岩 化 学 分 析 数 据
Table 2 Chemical Composition of silica rock from Xiaotieshan

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	烧 失	总 量
87.55	0.04	1.39	6.35	1.26	0.30	0.45	0.77	0.12	0.31	0.63	99.17

注：样品送本系化验室分析。

表 3 乐华矿区锰矿石中微量元素平均含量
Table 3 Averages of trace element contents in manganese ores from the Lehua mine

矿 体	矿石工业类型	平 均 含 量					
		Pb %	Zn %	Sb %	Au g/t	Ag g/t	As %
I 台阶矿体	铁 锰 矿 石	0.26	0.60	0.1		0	0.1
	碳酸锰矿石	0.03	0.03	0		12.50	0.1
	含锰铁矿石	0.31	0.06	0.05		12.50	0.1
II 台阶矿体	铁 锰 矿 石	0.195	1.10		0.017	9.00	

注：据江西省冶金地质勘探公司第十一地质队资料。

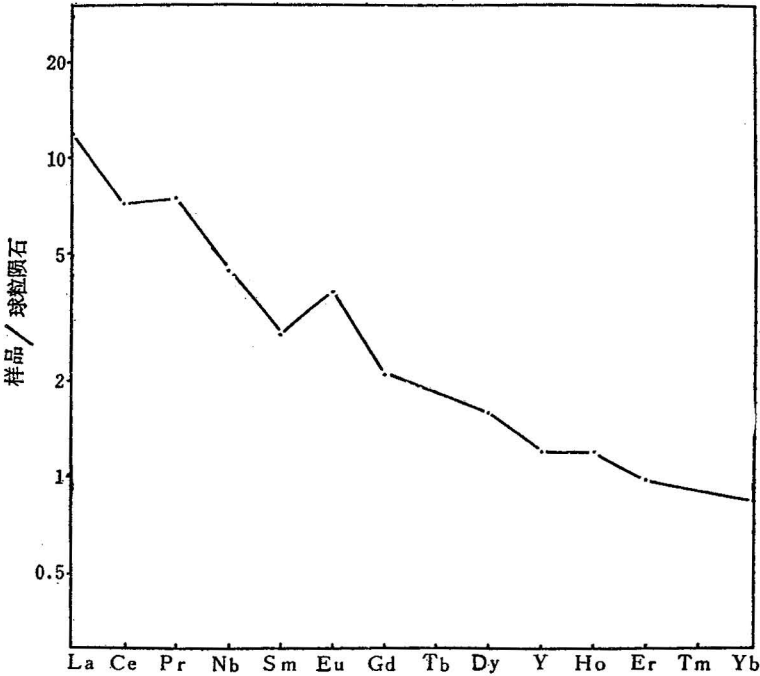


图 5 乐华矿区锰矿石稀土配分曲线

Fig. 5 Rare earth element distribution pattern of manganese ore from the Lehua mine

5. 赣东北地区早、中石炭世火山热泉沉积矿床如东乡、永平等均以钨含量高为特征^{1)[2,3]}, 乐华矿区锰矿石中的钨含量也较高。据笔者对CKⅢ02和CK0001两个钻孔26个岩芯分析数据的统

1) 徐克勤、朱金初, 1978, 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)热液叠加类铁铜矿床成因的探讨。福建地质科技情报, 第4期, 第1—68页。

计, 其锰矿石的 WO_3 含量平均为 0.016%, 表明乐华矿区也具有该地区火山热泉沉积矿床的富钨特征。

6. 除钨以外, 锰矿石中还有较高含量的铅、锌、锑、银、砷等多种元素 (表 3), 这些元素的高含量也是火山热泉沉积产物的特征。

7. 笔者分析了锰矿石的稀土元素含量。如图 5 所示, 其球粒陨石标准化后的配分曲线清楚地显示出了铈的亏损和铕的富集。其 $\text{Ce}/\text{Ce}^* = 0.75$, $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 1.52$ 。

众所周知, 海水的 REE 特征是铈和铕均有显著的负异常^[5]。因而, 乐华锰矿石中铈的亏损表明其稀土配分受到了海水的一定影响。这一特征也与许多前寒武纪硅铁建造, 显生宙的沉积铁-锰矿床、塞浦路斯块状硫化物矿床顶部的赭石, 以及东太平洋海岭热泉沉积物的铈负异常特征相一致。S. E. Humphris^[5]认为, 这种一致性同矿质沉积时对海水中 REE 的吸附作用有关。

与铈的特征相反, 乐华锰矿石中铕的正异常与海水的铕负异常相抵触。因而矿石中的 REE 并非全部来自于海水。R. L. Cullers 等^[6]在综合大量文献后指出, 铕的正异常是与火山作用有关的化学沉积物的共同特征, 而与火山作用无关的沉积物通常没有铕的正异常。所以, 乐华矿区铕的富集可作为成矿物质来自海底热泉的依据。海底热液在深部环流的过程中, 可对围岩中斜长石等富铕矿物进行蚀变和淋滤, 从而使本身的铕含量显著升高。

正因为乐华锰矿的成矿物质主要来自深部, 而不是来自古陆, 所以它不像正常海相沉积锰矿床那样围绕古陆稳定分布, 而只是局限在某些热泉出口处附近。

三、脉状铅-锌矿的成矿时代讨论

乐华矿区不同方向的铅-锌矿脉互相截切, 多致斜交片理的特征, 使人们确信其为后期热液填隙的产物。然而, 由于江南地背斜上的热液矿床多与燕山期岩浆活动有成因联系, 所以, 即使在乐华矿区附近 1 km 范围内尚未见到燕山期花岗岩类侵入体的情况下, 人们也惯于假设一个潜伏于深部的燕山期岩体, 以便使热液来之有源。然而, 笔者经研究后认为, 脉状铅-锌矿的形成应与上覆的层状锰矿大致同期, 更确切地说也是中石炭世海底热液活动的产物。其主要依据是:

1. 所有的铅-锌矿脉均产于板溪群千枚岩中, 向上延至锰矿层时陡然中止。从未见到锰矿层被铅-锌矿脉切割的现象 (图 2)。

2. 锰矿石中铅、锌含量较高 (表 3), 表明锰矿层在成分上对下伏的铅-锌矿脉具有一定的继承性。

3. 直接覆于锰矿层之上, 有些地段甚至直接覆于铅-锌矿脉之上的黄龙组下段白云岩既无铅、锌矿化, 也无其它热液蚀变痕迹, 表明脉状铅-锌矿形成于白云岩地层沉积之前。

4. 笔者所采的三个脉状方铅矿样品, 其单阶段模式年龄分别为 306 Ma, 336 Ma 和 382 Ma (表

表 4 乐华矿区铅-锌矿脉方铅矿同位素组成

Table 4 Lead-zinc isotope compositions of vein galena in the Lehua mine

标 本 号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	模式年龄 Ma (Doe)
Q 132	18.172	15.572	38.195	306
Q 137	18.045	15.521	38.063	336
Q 120	18.04	15.556	38.078	382

注: 样品送中国地质科学院宜昌地质矿产研究所测定。计算所用参数为: $a_0 = 9.307$; $b_0 = 10.294$; $T = 4430 \text{ Ma}$ 。

4), 在测定和计算误差范围内与锰矿层的中石炭世地质年龄大致相当。

四、两类矿石的成因联系

徐克勤等¹⁾,^[2]指出, 中国东南部在加里东运动后所形成的若干海西-印支断裂拗陷带中多处发生过泥盆纪-石炭纪海底火山作用。笔者²⁾,^[4]进一步阐明, 这些拗陷带形成于大陆地壳的张性构造背景之上。在这些晚古生代的张性构造带中, 有些地段虽尚未见到证据确凿的海相火山岩, 但仍有可能存在泥盆纪-石炭纪的地热异常, 海底热泉活动和与此有关的沉积矿床。位于萍乡-乐平断裂拗陷带东段的乐华矿床, 即是中石炭世海底热泉活动的产物。

上述种种特征表明, 乐华矿区的层状锰矿和脉状铅-锌矿均形成于黄龙组白云岩地层沉积之前。两者是中石炭世同一个热泉系统在不同环境下的产物。在海水-岩石界面之下, 因硫逸度较高和氧逸度较低, 铅、锌和铁首先以硫化物的形式沉淀, 在千枚岩地层中形成脉状矿化; 而当含矿热液进入水盆地后, 由于氧逸度急剧升高和硫逸度急剧降低, 铅、锌的沉淀受到抑制而锰则以碳酸盐的形式发生沉淀, 形成上覆的沉积矿层。

根据T. Sato^[7]提出的机制, 残留的矿液可沿海底斜坡移动, 在还原性较强的海底地形低洼处重新析出铅、锌。故笔者推测, 在乐平地区石炭纪拗陷区的适当部位, 有可能找到中石炭世底部的层状铅-锌矿床。

上有层状锰矿、下有脉状铅-锌矿的关系在华南并非只有乐华一处。在广东连县小带矿区, 层状锰矿产于上泥盆统天子岭组中, 而中泥盆统东岗岭组的破碎带中则有浸染状、脉状和网脉状硫化物矿化, 其中铅最高含量可达3%, 锌可达4%。在辽宁省八家子矿区, 震旦系高于庄组中有富锰沉积, 而其下的大红峪组砂岩中则有脉状铅-锌矿化。

在江苏省丹阳县陶土山, 笔者还见到了震旦纪层状锰矿与下伏地层中脉状铅-锌矿密切伴生的现象。该处层状锰矿整合地产于上震旦统陡山沱组千枚岩中, 其下伏地层中的方铅矿石英脉大多几毫米至几厘米宽, 无定向地相互交切成脉状。据测定³⁾, 脉中方铅矿的铅同位素年龄为688Ma, 恰与上覆层状锰矿的地质时代相一致。同时陶土山层状锰矿也含铅、锌, 11个样品的铅和锌平均含量分别为0.132%和0.134%。也反映了沉积锰矿对于铅-锌矿在成分上的继承关系。

在国外, 这种组合的典型例子是爱尔兰海西断陷带中的泰纳(Tynagh)矿床^[8]。泰纳层状铁锰矿体产于下石炭统碳酸盐地层中, 而其下的砂岩地层中则赋存有重要的充填和交代型铅-锌矿石。

在许多矿床中, 均可发现铅-锌矿石和锰矿石的伴生特征。然而, 由于铅、锌和锰在地球化学性质方面的差异, 它们在成矿过程中又往往发生显著的分离。上有层状锰矿、下有脉状铅-锌矿的空间关系, 即是锰和铅、锌既伴生又分离的现象。这种关系值得找矿工作中充分重视。尤其对于那些明显地属于火山沉积而又富含铅、锌的层状锰矿床(如新疆莫托沙拉等), 在矿区附近及其区域上, 应十分重视在下伏地层中寻找代表热液通道的脉状铅-锌矿床。

本文是笔者在徐克勤教授指导下攻读博士学位研究论文的一部分。研究过程中徐克勤教授、胡受奚教授等经常给予热情的指导。江西省冶金地质勘探公司第十一地质队为笔者的野外工作提供了极大的便利。本文稿就后又蒙徐克勤教授、刘孝善副教授、阮惠础副教授等作了仔细的审

1) 徐克勤、朱金初, 1978, 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)热液叠加类铁铜矿床成因的探讨。福建地质科技情报, 第4期, 第1—68页。

2) 顾连兴, 1984, 论华南大陆地壳断裂拗陷带中的块状硫化物矿床。南京大学地质系博士学位论文。

3) 叶水泉等, 1983, 江苏省层控铅锌矿床地质特征及成矿机理初探。华东冶金地质, 第二期, 第1—9页。

阅。笔者于此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Kinkel, A. R. Jr., 1966, Massive pyrite deposits related to volcanism and possible method of emplacement. *Econ. Geol.*, Vol. 61, pp. 673—694.
- [2] 徐克勤、朱金初、任启江, 1980, 论中国东南部几个断裂拗陷带中某些铁铜矿床的成因问题。载于国际交流地质学术论文集, 第三册, 第49—58页, 地质出版社。
- [3] 顾连兴, 1984, 华南型块状硫化物矿床及其伴生矿床中金属的地层学分带。南京大学学报, 地质学增刊, 总第4期, 第57—71页。
- [4] 顾连兴, 1986, 论大陆地壳断裂拗陷带中的华南型块状硫化物矿床。矿床地质, 第2期, 第1—13页。
- [5] Humphris, S. E., 1984, The mobility of the rare earth elements in the crust. In: Henderson, P. ed., *Rare earth element geochemistry*. Elsevier Amsterdam. pp. 317—342.
- [6] Cullers, R. L. and Graf, J. L., 1984, Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust; intermediate and silica rocks—ore petrogenesis. In: Henderson, P. ed., *Rare earth element geochemistry*. Elsevier Amsterdam. pp. 275—316.
- [7] Sato, T., 1972, Behaviours of ore-forming solutions in seawater; *Mining Geology*, Vol. 22, PP.31—42.
- [8] Large, D., 1981, Sediment-hosted submarine exhalative lead-zinc deposits. In: Wolf, K. H. ed., *Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits*, Vol. 9, Elsevier Amsterdam. pp. 469—507.

GENETIC RELATIONSHIP BETWEEN STRATIFORM MANGANESE ORES AND LEAD-ZINC VEINLETS IN THE LEHUA MINE, JIANGXI PROVINCE

Gu Lianxin

(Department of Geology, Nanjing University)

Abstract

The Lehua manganese and lead-zinc ore deposit is located 25 km southeast from the town of Lepin County, northeast Jiangxi Province, where the Precambrian phyllites and schists are overlain unconformably by Carboniferous marine carbonates. Stratiform manganese horizons occur at the bottom of the Middle Carboniferous carbonate formations, immediately below which the Precambrian rocks contain randomly orientated lead-zinc veinlets.

It was considered previously that stratiform manganese layers were deposited in a normal sea with its ore materials derived from adjacent old land, while the lead-zinc veinlets are genetically related to the regional Mesozoic (Yanshanian) magmatism with their ore materials provided by a deep-seated unknown intrusion. Therefore, there is no genetic relationship between the two types of mineralization.

The field and laboratory researches by the present author indicate that both the stratiform manganese layers and the lead-zinc veinlets are formed by the same Middle Carboniferous submarine hydrothermal system. Being under the water-rock boundary, the hydrothermal fluids might have a relatively higher fs_2 and lower fo_2 ,

and give rise to cross-cutting lead-zinc veinlets in the surrounding Precambrian rocks. After the hydrothermal fluids discharged into the water basin, the sharp decrease of f_{S_2} and increase of f_{O_2} suppressed the precipitation of lead and zinc, while manganese settled down in the form of carbonates on the sea floor.

In China there are other places where marine manganese layers coexist with crosscutting lead-zinc veinlets below. Exploration geologists should pay great attention to this common relationship.