

福建省梅仙式块状硫化物矿床

叶水泉

(华东有色地质勘查局, 南京)

提 要: 梅仙式铅锌矿床是在大陆裂谷环境下形成的, 有明显的块状硫化物矿床特征。矿化受震旦系龙北溪组绿片岩控制。矿体呈似层状, 与围岩产状一致。绿片岩原岩是一套含板内拉斑玄武岩的火山沉积建造。矿物组合和 Zn/Pb 比值有分带性。层状矿体下盘有脉状、网脉状矿化和蚀变带。矿石有特征的结构构造。硫以幔源为主, 铅是幔壳混合成因, 矿液以海水成因为主, 可能有少量雨水、岩浆水等渗入, 反映物质的多来源和成矿受多种地质事件的叠加改造。该类矿床可与火山岩容矿型的加拿大新不伦瑞克省的块状硫化物矿床类比, 也可作为广义华南型的一个亚型。

关键词: 梅仙式 裂谷 块状硫化物 福建尤溪

福建省尤溪县梅仙镇丁家山铅锌矿床是我局“八五”期间发现和勘探的大型矿床, 类似矿床有尤溪县谢坑、关兜、岩兜、北宅, 建阳市水吉和屏南县黛溪等, 统称谓梅仙式矿床。本文以丁家山铅锌矿床为主论述其地质特征, 并讨论其类型。

1 裂谷成矿环境

丁家山铅锌矿床位于闽中裂谷带南段(图1略)。闽中裂谷带是在中元古代华夏地块稳定克拉通基底上发育而成的, 东西边界分别为政和-大埔和浦城-武平深断裂。闽中裂谷带的演化可分为晋宁期陆壳拉张阶段和加里东期碰撞闭合阶段^①。裂谷海北深南浅, 沉积了数千米的复理石火山沉积建造。火山活动具多旋回、双模式特征。裂谷带边界附近存在混杂岩带、推覆体和韧性剪切带以及碰撞花岗岩带, 证明了裂谷的闭合碰撞作用, 并根据碰撞S型花岗岩形成年龄, 裂谷封闭为加里东期。

闽中裂谷带内的主要矿床按地质特征及其与裂谷演化关系可划分为陆壳拉张阶段的梅仙式块状硫化物矿床和碰撞闭合阶段的太阳山式剪切带型金矿。丁家山铅锌矿床是典型的梅仙式矿床。

2 块状硫化物矿床特征

丁家山矿区处于北北东向政和-大埔、北西向顺昌-莆田和北西西向沙县三条区域性断裂的交汇部位^②。裸露地层主要为震旦系龙北溪组和大岭组, 呈“基底构造窗”被侏罗系火山沉积岩包围(图2略)。震旦系地层组成北东向梅仙复式背斜。矿区断裂有北东、北西向, 其次近南北和北北东向等。燕山晚期中酸性岩脉(石英斑岩和花岗斑岩)沿北东向断裂侵位。有关块状硫化物矿床特征论述如下。

2.1 矿化的层位控制和矿体的层状形态

梅仙式铅锌矿化明显受龙北溪组上段绿片岩控制, 矿体主要呈似层状、透镜状, 与围岩产状基本一致。如丁家山铅锌矿床主要有三个矿体(图3略), 均呈似层状、透镜状赋存在龙北溪组上段绿片岩内。

① 叶水泉、顾连兴等, 1998, 闽中裂谷带铜金多金属矿调研和靶区优选, 科研报告

② 807队, 1995, 福建省尤溪县梅仙矿区丁家山铅锌矿床普查地质报告

2.2 赋矿层位系火山沉积建造

岩石学和岩石化学成分研究表明, 龙北溪组绿片岩的原岩为一套夹板内拉斑玄武岩的火山沉积建造。主要证据如下。

(1) 在丁家山矿区钻孔中发现玄武岩的变质残留, 如 ZK902 中 47.70 m、110.8 m, ZK903 中 126.7 m, ZK705 中 62.5 m 等, 具清楚的变余间粒结构、杏仁状构造, 条状斜长石构成的粒间被辉石、绿泥石等填充, 无疑属玄武岩类。

(2) 绿片岩 SiO_2 较低, 变化范围 42.9% ~ 56.20%, 绝大多数在 42.90% ~ 47.31% 之间, 平均值 44.96%; Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 和 CaO 含量较高, 平均值分别为 5.55%、7.14%、6.10%、12.92%, 且 $\text{FeO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$; Na_2O 、 K_2O 变化大, Na_2O 含量为 0.14% ~ 3.01%, 平均值 0.74%, K_2O 含量 0.14% ~ 5.32%, 平均值 1.85%。因而, 具玄武质岩石的化学成分特征。

(3) 绿片岩的含碱大洋系数及非含碱大洋系数对氧化铝系数图解、稀土元素分布模型和微量元素地球化学型式^①均证明绿片岩的原岩是大陆板块内部裂谷环境形成的拉斑玄武岩。

2.3 矿物和化学分带

丁家山铅锌矿床主岩绿片岩的组成矿物和硫化物矿物呈有规律的分带。以 9 线为例, 自下而上可分为 3 个带, 即绿帘阳起片岩带、绿帘透辉片岩带和绿帘片岩带。其伴生的硫化物矿物: 绿帘阳起片岩带的中下部以磁黄铁矿为主, 少量闪锌矿、方铅矿; 绿帘透辉片岩带与绿帘阳起片岩带的过渡部位主要为闪锌矿、方铅矿, 少量黄铜矿和磁铁矿; 绿帘透辉片岩带主要为闪锌矿、方铅矿和黄铁矿; 绿帘片岩带主要为黄铁矿, 其次是方铅矿、闪锌矿。因而, 总体上呈现浅部黄铁矿为主, 深部磁黄铁矿为主, 方铅矿含量浅部相对高于深部的垂直分带现象。

Zn/Pb 比值从深部到浅部逐渐减少 (表 1), $100\text{Zn}/(\text{Pb} + \text{Zn})$ 比值为 58~82, 这与火山成因块状硫化物矿床的特征是一致的 (D L Huston, 1987)^①。

表 1 丁家山铅锌矿床铅锌含量垂向变化

矿体号	Pb (%)	Zn (%)	Pb+Zn (%)	Zn/Pb	100Zn/(Pb+Zn)	备注
IV	1.88	2.56	4.44	1.36	58	从浅至深
I	0.93	2.38	3.31	2.56	72	
II	0.96	2.88	3.84	3.00	75	
III	0.95	4.28	5.23	4.51	82	

2.4 底板岩石的矿化和蚀变

丁家山铅锌矿床层状矿体下盘, 特别是 III 号矿体下盘有大量的产状较陡的碳酸盐脉、黄铁矿和磁黄铁矿脉。围岩蚀变一般发育在矿体下盘, 在绿片岩相变质矿物组合上叠加有绿泥石化、绿帘石化、绢云母化和硅化。水吉铅锌矿床层状矿体下盘也有明显的网脉状矿体。

2.5 矿石结构构造的特征

本类矿床矿石有特征的块状、层纹状和条带状构造。矿石主要由闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿和黄铁矿等组成。有的黄铁矿具变胶状结构。据周兵的研究^②, 丁家山的磁黄铁矿大多数是单斜磁黄铁矿和六方磁黄铁矿的交生体, 即六方磁黄铁矿中含大量单斜磁黄铁矿出熔体, 这些出熔体在后期变质作用过程中被粗

① 曾强生、王鹤年等, 1996, 福建中部前寒武纪地层中梅仙式铅锌(银)矿床找矿预测研究报告

② 周兵, 1998, 闽中裂谷带的构造发展及其成矿作用, 科研报告

化和均一化，从而认为，绝大多数磁黄铁矿是沉积-成岩作用的产物。

3 多来源和叠加改造

3.1 矿质和矿液的多来源

丁家山矿床等已有硫、铅、氧和碳稳定同位素测试数据 50 余件^{①-③}。硫同位素 23 件， $\delta^{34}\text{S}$ -3.3‰ ~ +4.2‰，均值 1.9‰，变化范围较窄，塔式分布明显（图 4 略），显示深源硫特征。铅同位素共 24 组数据，将数据投影于 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图（图 5 略）。数据明显地呈线性分布（相关系数 $r=0.814$ ），显然，正常铅同位素组成中混入了放射性成因铅，即从幔源至造山带和上地壳不同 μ 值的铅源均有混入。

两个矿石样品中石英 $\delta^{18}\text{O}$ 平均为 1.56‰。若石英与水的平衡温度取 234℃，计算出与石英平衡水的 $\delta^{18}\text{O}$ 为 0.55‰（贝克尔，1976），这与海水的 $\delta^{18}\text{O}$ （-0.5‰ ~ +0.3‰）很接近，说明成矿热液主要为海水来源。 $\delta^{18}\text{O}$ 略高可能由少量其他成因水（如雨水、岩浆水等）混入造成。近矿灰岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 0.5‰，为典型的海相碳酸盐的碳同位素组成（-1‰ ~ +2‰），大理岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 -2.64‰，略偏低，可解释为是变质过程中水岩同位素分馏的结果。

3.2 叠加改造作用

上述稳定同位素数据说明：硫以幔源为主；铅源为多成因，系幔源和壳源的混合；水源以海水为主，可能有其他成因水的混入。这反映了梅仙式矿床成矿物质和成矿流体的多来源，也反映本类矿床的形成曾受多种地质作用的叠加和改造。

绿片岩和矿石有关矿物的测温数据^{①-④}表明：

(1) 绿片岩中石英的流体包裹体的均一法温度为 290~347℃，代表龙北溪组绿片岩相变质温度。

(2) 矿石中石英的流体包裹体的均一法温度集中在两个区间：184~244℃和 320~350℃，分别代表成矿温度和变质温度。

(3) 矿石矿物爆裂温度 290~370℃。考虑到爆裂温度偏高，拟取其下限作为闪锌矿和方铅矿的成矿温度为宜。闪锌矿和方铅矿的硫同位素平衡温度为 234~287℃，说明成矿温度不会超过 290℃。

(4) 石榴石内原生融熔包裹体淬火法测温 700~750℃，经压力校正后为 500℃，代表后期岩浆的接触交代作用的温度。

因而，成矿温度 184~290℃，变质温度 290~347℃，接触交代作用温度 500℃左右，反映了成矿过程经历了多种地质事件的叠加改造。这与变质作用使矿石矿物颗粒变粗、花岗斑岩脉附近有夕卡岩化和铜矿化等地质现象是一致的。

4 类型对比

F J Sawkins (1984)^[2]根据与板块构造的关系将层控贱金属矿床分为：大陆裂谷作用早期的层状铜矿和碳酸盐岩容矿型铅-锌矿床（含密西西比河谷型、阿尔卑斯型和爱尔兰型）；大陆裂谷成熟期的沉积岩容矿型（页岩型或沙利文型）和火山岩容矿型块状硫化物矿床（新不伦瑞克型和布罗肯希尔型）；以及洋盆张开成熟期在大洋中脊的块状硫化物矿床（塞浦路斯型）和与岛弧盆地有关的黑矿型和别子型矿床。显然，梅仙式矿床的成矿构造环境和矿床特征可以与大陆裂谷成熟期的矿床对比。

沉积岩容矿型以加拿大沙利文铅锌矿床为代表。该矿床产于北美克拉通西缘中元古代裂谷带，带内沉

① 叶水泉、顾连兴等，1998，闽中裂谷带铜多金属矿调研和靶区优选，科研报告

② 807 队，1995，福建省尤溪县梅仙矿区丁家山铅锌矿床普查地质报告

③ 曾强生、王鹤年等，1996，福建中部前寒武纪地层中梅仙式铅锌(银)矿床找矿预测研究报告

④ 周兵，1998，闽中裂谷带的构造发展及其成矿作用，科研报告

积了上万米的潘塞尔 (Purcell) 超群的碎屑沉积岩, 是一套复理石建造^[4]。矿体赋存在下亚群奥杰里奇 (Aldridge) 组下段的顶部, 主岩以泥岩、粉砂岩为主, 处于浅水硅质碎屑相至深海浊流相的过渡带。矿带由整合的数层矿体组成, 主矿体像个倒合而向北东倾伏的菜盘。矿石有明显的层状、层纹状和同步褶皱等构造, 显示同生沉积特征。层状硫化物矿体以下有脉状、网脉和角砾状矿化带。这些特征类似于梅仙式, 但是两者有以下明显不同。

(1) 沙利文矿床赋矿层位不含火山岩, 潘塞尔熔岩远晚于成矿作用, 矿区的两期辉长岩与矿也无关。梅仙式矿床赋矿层位为火山沉积岩, 燕山期花岗斑岩脉对成矿有一定的叠加改造。

(2) 沙利文矿床围岩未经变质, 梅仙式矿床围岩受特征的绿片岩相区域变质。

(3) 沙利文矿床矿石含锡石, 蚀变有特征的电气石化, 而梅仙式矿床则无。

火山岩容矿型块状硫化物矿床以加拿大新不伦瑞克省巴瑟斯特—纽卡斯尔区的块状硫化物矿床和澳大利亚布罗肯希尔矿床为代表。本类矿床产于裂谷环境, 矿床与双峰态玄武岩-流纹岩火山组合相伴生, 缺少钙碱性安山岩。

加拿大新不伦瑞克省巴瑟斯特—纽卡斯尔区有 20 余个锌铅铜银块状硫化物矿床^[2], 均产于长英质和镁铁质火山岩和变质沉积岩层序中, 主岩为石英绢云片岩、石墨片岩和变质火山岩。矿体呈层状、透镜状, 与岩层呈整合产出, 底板有管筒状磁黄铁矿-黄铁矿体。矿体受多期变形作用。硫化物主要为黄铁矿、闪锌矿和方铅矿, 少量黄铜矿、毒砂。矿石呈块状、条带状构造等, Zn/Pb 为 2:1。这些特征基本与梅仙式矿床相似, 不同点是前者赋矿层时代为奥陶纪, 成矿温度偏高 (317~357℃), 硫同位素组成偏高 (7‰~16‰), Zn/Pb 比值偏低。

澳大利亚新南威尔士州布罗肯希尔矿床位于狭长的维耶玛地块 (Willyama block)。该地块由巨厚的 (6~7 km) 古中元古代维耶玛超群变质岩组成^[5]。含矿岩系为布罗肯希尔群变质岩, 包括长英质片麻岩和镁铁质闪岩^[6]。双模式火山作用证明了成矿是克拉通内的裂谷环境。不同于梅仙式矿床的是: 布罗肯希尔矿床位于深变质岩区, 受强烈的变质变形, 含矿岩系时代较老 (17~20 亿年), 含铜较多。

F J Sawkins 认为, 与大陆裂谷作用成熟期有关的块状硫化物矿床中, 沉积岩容矿型和火山岩容矿型分别代表了这类矿床的两个端员类型。因而, 笔者认为梅仙式矿床是这两类矿床的过渡类型, 但更类似于新不伦瑞克型矿床。

顾连兴、徐克勤^[3]对我国长江中下游等海西-印支期海相断裂拗陷带内的块状硫化物矿床研究后, 曾提出了华南型, 并将此与黑矿型、塞浦路斯型并列, 分别代表大陆地壳、过渡性地壳和大洋地壳背景上的块状硫化物矿床。就成矿背景而言, 梅仙式矿床与华南型相似。但两者有明显不同。前者为晋宁期的裂谷带, 后者为海西-印支期的断裂拗陷带; 前者伴生火山作用明显强于后者; 前者以铅锌为主, 后者以铜为主。因而, 笔者建议将华南型的概念扩大, 梅仙式矿床和海西-印支断裂拗陷带内的矿床可分列为两个亚型。

本文写作过程得到顾连兴教授、倪大平、唐瑞来、张立公等高级工程师和张一梅工程师的帮助和支持, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 Huston D L and Large R R. 块状硫化物系统内锌比值 $100\text{Zn}/\text{Pb} + \text{Zn}$ 的成因和勘探意义, 国外矿产地质, 1990, (3).
- 2 Sawkins F J. 1984, Metal deposits in relation to plate tectonics, 李志锋摘译于国外矿产地质, 1986, (4): 5~15.
- 3 顾连兴, 徐克勤. 论长江中、下游中石炭世海底块状硫化物矿床. 地质学报, 1996, (2).
- 4 Hamilton J M et al. Geology of the Sullivan orebody, Kimberley, B. C., Canada, In: Hutchinson R W et al., ed., Precambrian sulphide deposits, H. S. Robinson Memorial Volume, 1982, 598~665.
- 5 Stevens B P J et al. Willyama block-regional geology and minor mineralisation, In: Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea, 1065~1072.
- 6 Heyden A V D. Silver-lead-zinc deposit at South Mine, Broken Hill, In: Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea, 1073~1077.