

湖南后江桥铅锌矿地质特征及矿床成因

李祥能

(湖南地勘局 418 队, 湖南 娄底 417000)

摘 要: 后江桥铅锌矿具有多源、多阶段成矿特点, 成矿主要与泥盆纪地层及热液作用有关。对其矿床地质特征、同位素地质学、矿床成因等方面研究, 认为成矿物质来源具双重性, 既有来源于地层, 又有来自壳幔源岩浆。成因类型属于沉积改造型铅锌矿床。

关键词: 后江桥; 铅锌矿; 地质特征; 矿床成因; 湖南省

中图分类号: P611; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)01-0041-06

1 成矿地质背景

湖南后江桥铅锌矿在大地构造位置上处于扬子准地台与华南褶皱带的毗邻部位, 成矿单元属南岭纬向成矿带中段。

矿区处于九嶷山穹窿西北边缘的四马桥复式向斜西翼, 出露泥盆纪地层下部碎屑岩、上部碳酸盐岩, 石炭纪地层碎屑岩与不纯碳酸盐岩。泥盆纪地层出露面积占 80% 左右, 总厚大于 1 000 m, 与下伏寒武纪地层呈角度不整合接触。按岩性组合划分 7 个组, 其中易家湾组(Dyj)、黄公塘组(Dh)^[1]为矿区主要含矿层位, 并严格控制着 Pb, Zn 矿化的初步富集和矿体的空间分布, 其岩性简述如下:

易家湾(Dyj)以砂岩、灰岩为特征, 由下而上砂质减少, 钙质增加, 其下部为细粒石英砂岩、粉砂岩、灰岩夹少量白云质灰岩或其透镜体, 上部为灰岩夹白云质灰岩或为二者互层。属滨海相潮汐亚相砂屑滩微相为主, 局部属滨岸海盆亚相, 厚 32 m。

黄公塘组(Dh)以厚层、巨厚层白云岩为主, 并不同程度地夹白云质灰岩和生物屑泥晶灰岩, 由北向南厚度逐渐增大, 而且具明显的重结晶和退色现象。属局限海台地亚相的生物礁滩和潮坪海湖微相沉积

环境, 厚 165 m。

矿区褶皱简单, 断裂构造发育。区域上产出的四马桥复式向斜的西翼在矿区范围内呈单斜构造产出, 地层倾向 E, 倾角 15°~30°; 地层走向近 SN 向, 西端略偏移, 呈反“S”形。断裂构造为 NE 向、SN 向、NW 向三组, NE 向断裂分布在矿区西北部, 斜通矿区, 矿区内出露长 3 710 m, 走向 45°; 倾向 NW, 倾角 50°~65°; 破碎带最宽达 200 余米, 断裂面呈舒缓波状, 断裂带中可见大量断层角砾岩、断层泥、擦痕等现象, 出现碳酸盐化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化等蚀变, 并有铅锌矿化。断裂下盘常断续出现以赤铁矿污染的红化带, 为矿区导矿构造。SN 向断裂分布在矿区中部, 纵贯矿区, 矿区内出露长 4 224 m, 倾向 W, 倾角 68°~78°; 断层沿走向具舒缓波状, 北端明显向 W 偏转, 受 NE 向断裂改造, 具有多期性, 为矿区配矿构造。NW 向断裂分布矿区南部, 规模大小不一, 其分布具明显的等距性, 间距一般为 100 m, 多为方解石脉充填或地貌上显示沟谷, 偶见铅锌矿化(图 1)。

矿区岩浆活动不强, 仅在北部出现石英斑岩脉。而矿区外围东南部有区域性的加里东、燕山期九嶷山复式岩体侵入, 另有燕山晚期花岗斑岩、石英斑岩、辉绿岩沿四马桥向斜盆地的 NW, NE 向断裂成群、成带分布, 并伴随钠长石化、云英岩化、夕卡岩化和 W, Sn, Pb, Zn, Cu 等矿化。

收稿日期: 2001-08-22; 修订日期: 2001-12-13

作者简介: 李祥能(1967-), 男, 湖南双峰人, 1991年毕业于西安地质学院地质系, 现在湖南省地质矿产勘查开发局 418 队, 主要从事地质矿产勘查工作。

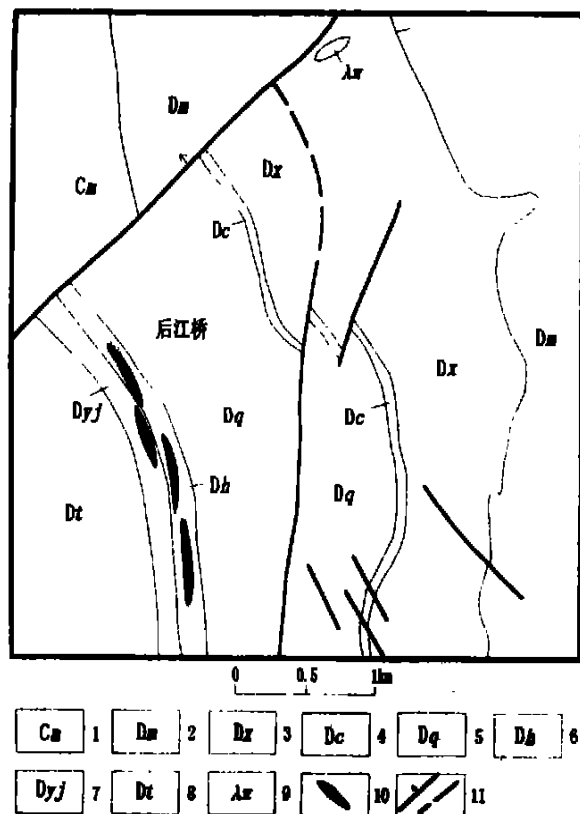


图1 后江桥矿区地质图

Fig. 1 The geological map in Houjiangqiao ore deposit

1. 马栏边组 2. 孟公坳组 3. 锡矿山组 4. 长龙界组
5. 棋梓桥组 6. 黄公塘组 7. 易家湾组 8. 跳马涧组
9. 石英斑岩脉 10. 矿带 11. 断裂

2 矿床地质特征

2.1 矿体形态、规模及产状

矿区分4条矿带,由36个大小不等的矿体组成,其中主要工业矿体5个。矿带、矿体呈SN向展布,EW向排列。以1号矿体为例,矿体赋存于易家湾组(Dyj)顶部、黄公塘组(Dh)底部之间0~90 m范围内的层间破碎带中,呈似层状、大透镜状,具明显的穿层性。矿体走向近SN向,倾向E,倾角5°~35°不等,厚1.46~74.4 m,平均厚21.65 m, $w(\text{Pb}) = 0.05\% \sim 1.22\%$,平均0.47%, $w(\text{Zn}) 0.55\% \sim 4.71\%$,平均1.45%。矿体走向控制长2 000 m,具有明显的舒缓波状、分支复合、膨大缩小等现象,当矿体厚度大时,形态比较规则,向两端逐渐变薄,则分支成多层薄矿体,慢慢趋于尖灭,矿体沿走向连续性好,厚度变化大,厚度变化系数98.93%;沿倾向延深

80~440 m,具明显的舒缓波状,当产状由陡变缓时,矿体厚度变大,反之则变小,沿倾向连续性较好,厚度变化较大,厚度变化系数59.27%~112.67%,平均80%。矿体走向长度大于倾向长度,长宽之比大致为10:1。

2.2 矿石物质成分

2.2.1 矿物成分

矿区矿物组成较复杂,原生金属矿物主要有方铅矿、闪锌矿,次为黄铁矿、磁铁矿、白钨矿、锡石、黄铜矿等;次生金属矿物以赤铁矿、褐铁矿、锌锰矿、菱锌矿、硅锌矿、铅硬锰矿为主,次为铅锰矿、水锌锰矿、黑锌锰矿、水锌矿、兰辉铜矿等。脉石矿物主要为白云石、方解石、铁白云石、粘土矿物,少量石英、钙铝榴石、符山石、重晶石、刚玉等。

2.2.2 主要金属矿物

(1) 方铅矿:多呈脉状、浸染状产于白云岩、灰岩中,脉状者颗粒粗大,浸染状者颗粒较细,粒径为0.008~3 mm不等,一般为0.5 mm。常与黄铁矿、闪锌矿共生。方铅矿晚于闪锌矿,形成闪锌矿的镶边、交代闪锌矿、或呈细脉穿插闪锌矿。

(2) 闪锌矿:其产出方式与方铅矿相似,矿体中闪锌矿多呈他形粒状,有的呈变胶体的环带构造,从中心向外出现不同颜色的环带,即暗褐—浅褐或黄褐—棕—黄褐等。此种变胶体结构中的闪锌矿多向一个方向伸长,自中心向外呈球粒状,球粒0.1~5 cm不等,最外为白云石脉环绕球体。一个闪锌矿的晶体可穿过几个不同颜色的环带。浸染状闪锌矿粒度变化较大,最小为0.008 mm。闪锌矿与方铅矿、黄铁矿、白云石、方解石等共生时,可见闪锌矿被方铅矿切穿、交代等现象。在表生作用中闪锌矿又被菱锌矿、褐铁矿等交代。

2.2.3 矿石化学成分

据表1,表2可知矿石中除主要有用元素Pb, Zn, Fe, Mn外,伴生元素有Ag, Cd, Cu, Sn等,显示有岩浆期后热液的叠加影响。

从矿化带的空间展布方面,矿石化学成分出现水平分带和垂直分带现象。在平面上西部铅锌高、铁锰低;中部铁锰高、铅锌低,局部伴生钨锡;东部钨锡较高。在垂直方向上以1号矿体为例,220~100 m标高以铅锌为主,铁锰次之;100~50 m标高以铁锰为主,铅锌次之,局部地段含钨锡;—50~100 m标高以白钨矿为主,局部含锡,而铁、锰、铅、锌消失。

表 1 后江桥铅锌矿床方铅矿中微量元素特征表

Table 1 Minor element analysis of Galena in Houjiangqiao Pb-Zn deposit

样品	Pb	S	Zn	Cu	Fe	Mn	Ag	Bi	As	Sb	Cd
1	85.72	13.36	0.02	0.013	0.028	0.0081	60	0.000	0.0007	0.0006	0.0001
2	84.50	13.13	0.02	0.09	0.018	0.0078	95	0.0001	0.0008	0.0005	0.0002
3	86.33	13.17	0.165	0.075	0.029	0.0077	13	0.0003	0.0009	0.0017	0.0001
4	85.79	12.57	0.025	0.075	0.056	0.0091	15	0.000	0.0007	0.0024	0.0001
5	85.54	13.06	0.058	0.043	0.046	0.0083	43	0.000	0.0006	0.0035	0.0002

注: 表中 $w(\text{Ag})/10^{-6}$, 其他元素 $w\%$

表 2 后江桥铅锌矿床闪锌矿中微量元素特征表

Table 2 Minor element analysis of sphalerite in Houjiangqiao Pb-Zn deposit

样 品	矿物颜色	Zn	S	Fe	Mn	Cd	Ag	Sn	Ni
1	淡黄-桔红色	64.50	32.06	0.63	0.023	0.218	22	0.000	0.001
2	淡黄色	66.58	32.76	0.41	0.0198	0.79	36	0.023	0.0014
3	棕色	66.00	31.48	0.72	0.152	0.439	0	0.017	0.002
4	褐色	64.82	32.38	1.20	0.0192	0.370	36	0.027	0.0012
5	褐黑色	63.93	32.07	2.97	0.0345	0.407	36	0.025	0.0020

注: 表中 $w(\text{Ag})/10^{-6}$, 其他元素 $w\%$

2.3 矿石结构构造

2.3.1 矿石结构

(1) 半自形—他形粒状结构: 这种结构在原生铅锌矿石中大量出现。方铅矿、闪锌矿呈半自形—他形, 粒径 0.001 ~ 5 mm 不等, 浸染交代细—中粒白云岩。

(2) 交代结构: 方铅矿交代闪锌矿, 在闪锌矿周边形成镶边。也常见赤铁矿、褐铁矿沿白云石边部交代, 形成白云石交代残余。

(3) 球形环带偏胶体结构: 这种结构具同心环带和不具同心环带两种。方铅矿、闪锌矿呈变胶体环带结构, 中部为黄褐色闪锌矿, 边部为黑色—暗褐色, 最外部为白云石或方解石包围, 胶体老化后呈放射状球粒, 球粒可达 0.1 ~ 20 mm 不等。铅硬锰矿呈球形集合体, 边部非均性最强, 可见到明显的胶体环带, 这种环带具明显的同心圆状。

(4) 胶体结构: 这是氧化矿石的主要结构特征。如基底式分散胶结、胶状、肾状、放射状、环带状等。

2.3.2 矿石构造

(1) 浸染状构造: 方铅矿、闪锌矿均匀浸染于白云石、方解石颗粒间, 粒度从 0.008 ~ 1 mm 之间, 分布较普遍。

(2) 浸染条带状构造: 他形粒状方铅矿、闪锌矿呈大小不一的粒状浸染于白云石、方解石等组成的灰黑色条带内。颗粒边部多见港湾状、锯齿状。

(3) 网脉状构造: 此种构造多见于淡黄色、褐色闪锌矿矿石中。多呈不规则的胶体分布于白云岩中, 脉宽不等, 一般为 0.2 ~ 20 mm。

(4) 脉状构造: 方铅矿、闪锌矿常呈脉状切穿白云岩, 脉宽 0.2 ~ 10 cm 不等, 单脉常构成富矿石。

(5) 块状构造: 主要由半自形—他形晶粒状闪锌矿、方铅矿等组成, 粒径 0.008 ~ 5 mm。

(6) 角砾状构造: 方铅矿和闪锌矿呈胶结物, 胶结白云岩角砾。

(7) 肾状构造: 棕色或不同颜色闪锌矿的近圆形变胶体, 外围被方解石或白云石包围, 形成肾状构造。

(8) 土状、粉末状构造: 粉末状以铅华为主, 夹有褐铁矿、赤铁矿、粘土矿物以及方解石、白云石等组成粉末状矿石。土状是高浓度胶体溶液正在沉淀过程中, 由于脱水差而呈泥状含水胶体矿石。

2.4 围岩蚀变

矿区围岩蚀变程度不强, 主要有铁锰碳酸盐化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、赤铁矿化等。

(1) 铁锰碳酸盐化: 主要分布于铅锌矿体顶底板的白云岩中, 尤其顶板最强, 宽数米至 80 余米, 分布广, 与矿化关系密切。白云石呈细脉状、团块状、网脉状、树枝状产出。白云石脉或围岩中均有铁锰矿化伴生。

(2) 碳酸盐化: 矿化区普遍发育, 在铅锌矿体或铅锌矿化的顶底板等部位较为强烈, 蚀变宽数米至数十米, 主要由大量白云石脉和方解石脉组成的不规则细脉、网脉或团块等穿插交代围岩, 与铅锌矿化关系密切。

(3) 绿泥石化、硅化: 主要发育于铅锌矿体中或其近矿围岩, 多呈块状或不规则状分布, 一般蚀变不

强,分布不广,普遍见石榴子石、符山石、金红石、锆石等。

(4)黄铁矿化:主要发育于易家湾组砂岩、灰岩,黄公塘组白云质灰岩、白云岩以及铅锌矿体中,多呈浸染状、星点状或不规则细脉状产出,而在铅锌矿体中则呈星点状或粒状集合体产出。

(5)赤铁矿化:主要发育于断裂带两侧,强烈地段往往形成“红化带”,宽几米至几十余米。

2.5 稳定同位素特征

2.5.1 硫同位素组成

据矿区 9 件硫同位素样品测试结果(表 3)可知, $\delta(^{34}\text{S}) = -11.06 \times 10^{-3} \sim 4.52 \times 10^{-3}$,大部分集中 $3 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$,且 $\delta(^{34}\text{S})$ 值接近陨石值,具塔式分布特征。显示硫源较为复杂,除海水硫酸盐硫源外,尚有岩浆硫源的叠加影响。

2.5.2 铅同位素组成

据矿区 10 件铅同位素样品测试结果(表 4)可知,本区铅同位素组成较不稳定,变化较大。模式年

龄值 2 件大于 500 Ma,属加里东期铅;3 个在 240 Ma 左右,属海西期铅;2 个小于 140 Ma,属燕山中晚期铅;3 个 370 Ma 左右接近含矿地层时代。由此可见,本区铅来源复杂,具异常铅特征,既有地层岩石中的铅,又有岩浆铅的混合,导致晚期富集放射成因铅的多源,多次叠加影响^[2]。

表 3 后江桥铅锌矿床硫同位素测试结果

Table 3 S-isotope composition analysis for Houjiangqiao Pb-Zn deposit

采样号	测试矿物	采样位置	$\delta(^{34}\text{S}) / 10^{-3}$
1	闪锌矿	矿体	3.12
2	闪锌矿	矿体	3.83
3	闪锌矿	矿体	2.63
4	闪锌矿	矿体	3.48
5	方铅矿	矿体	-11.06
6	方铅矿	矿体	4.52
7	方铅矿	矿体	3.46
8	方铅矿	矿体	3.13
9	黄铁矿	矿体 围岩	3.60

注:数据来自湖南省地质研究所测试结果

表 4 后江桥铅锌矿床铅同位素测试结果

Table 3 Pb-isotope composition analysis for Houjiangqiao Pb-Zn deposit

采样号	测试矿物	采样位置	$w(^{206}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{207}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb})$	$w(^{208}\text{Pb}) / w(^{204}\text{Pb})$
1	方铅矿	ZK177 矿体	18.59	15.59	38.45
2	方铅矿	ZK173 矿体	17.99	15.59	38.07
3	方铅矿	TC90 矿体	18.48	15.47	38.15
4	闪锌矿	ZK71 矿体	18.15	15.28	38.57
5	闪锌矿	ZK71 矿体	18.63	15.61	39.19
6	方铅矿	ZK86 矿体	18.38	15.25	38.37
7	方铅矿	TC90 矿体	18.37	15.02	38.07
8	闪锌矿	TC90 矿体	18.40	15.35	39.94
9	方铅矿	TC91 矿体	18.57	15.49	39.58
10	闪锌矿	TC126 矿体	17.76	14.80	37.36

注:数据来自湖南省地质研究所测试结果

2.6 成矿温度

矿区闪锌矿有褐黑色、褐色、棕色、淡黄色四种,不同颜色反映其生成温度不同。对上述四种不同颜色的闪锌矿用爆裂法进行了测温,其变化范围 195 ~ 330 ,平均为 135 ,其中褐黑色闪锌矿比褐色、棕色、淡黄色闪锌矿的爆裂温度高。因此,本区铅锌矿在中低温度热液条件下形成的。

3 控矿因素

3.1 地层岩性

地表矿化露头、矿带均沿易家湾组、黄公塘组地

层呈 SN 向展布,而工业矿体往往富集在白云岩中。矿区围岩 Pb、Zn 丰度较高,对矿化带的形成提供了重要的物质基础。

3.2 沉积构造旋回面

矿带沿不整合面上的碎屑岩向碳酸盐岩过渡带分布。隆起区长期遭受风化剥蚀,大量的成矿物质沉积于盆地,当海侵开始的阶段,为矿质聚集的有利层位。同时,由于上部厚层灰岩与下部碎屑岩的机械性能、化学性质不同,形成物理化学界面,容易出现层间滑动,热液活动和渗滤导致各种元素迁移、交换,从而发生交代作用和矿质聚集。

3.3 盆地内湾

根据区内岩性、岩相分析,矿区处于盆地内湾,

其北有一障壁阻隔。内湾具有封闭性和良好的物化条件,是沉积成矿的理想场所。沉积成岩阶段主要属生物化学沉积类型,铅锌元素除常呈胶体溶液状态迁移外,由于细菌本身亦具有胶体属性,有吸附 Pb、Zn、Cu、Fe、Mn 等元素的机能。当地质条件相继改变,出现不同性质的胶体相混或加入电解质时,胶体溶液中铅锌等元素则常以凝胶形式在矿源层中沉淀并初步富集,只形成铅锌“胚胎矿”^[3],为后期改造、富化提供了物质基础。

3.4 断裂构造

NE 向、SN 向断裂构成本区基本构造轮廓,两者呈截接形成复合,为成矿的良好场所。NE 向断裂为区内导矿构造,而 SN 向断裂为配矿构造。矿带、矿床赋存导矿构造下盘的次级层间破碎带中,当层间破碎带通过塑性较大的石灰岩层时,矿体变薄;而通过孔隙粒间大的白云岩层时,引张作用强,矿体厚度变大。由于构造的多次复活,导致矿化叠加富集。因此,断裂构造严格控制了矿带、矿体的空间分布、形态、产状及其矿化富集程度。

4 矿床成因

4.1 成矿作用

据矿区资料分析,其成矿作用划分三个阶段。

(1) 沉积阶段:是矿床成矿作用的初始阶段,成矿物质主要来自隆起区寒武纪地层。隆起区遭受长期的风化剥蚀作用,成矿物质转入盆地的有利地段堆积,仅形成“胚胎矿”。

(2) 热液叠加富化阶段:随着地质条件的不断演化——构造变动、热液作用、地下热水溶液活动等,促使第一成矿阶段形成的“胚胎矿”溶解、活化、搬运,在有利的构造地段沉淀富集。随着构造运动的多次复活,热液作用的不断加强,外来的成矿物质叠加在先成矿体之上,并使之进一步富化。

(3) 次生风化淋滤富集阶段:当成岩成矿之后,经过长期的地表水、地下水作用,改造了原来矿石的物质组分、结构构造,出现了大量的氧化铅锌矿。

4.2 成矿模式

根据矿床特征、控矿因素、成矿物质来源及其成矿作用等方面的综合分析,建立了后江桥铅锌矿床的理想成矿模式(图 2)。前泥盆纪地层的含分散矿质浅变质碎屑岩在风化搬运,沉积成岩和生物化学分异作用下,在盆地内湾的有利地段形成泥盆纪地层——特定矿源层,经过构造活动、岩浆热液作用和渗流热卤水为主的成矿作用后,形成高盐度、高密度、弱碱性成矿热液,呈[PbCl₂] [PbCO₃] [Pb(OH)₂] [PbSO₄] 等胶体形式进行矿质迁移,通过充填作用、交代作用等多期次成矿过程,形成沉积—改造型层状或似层状铅锌矿床。

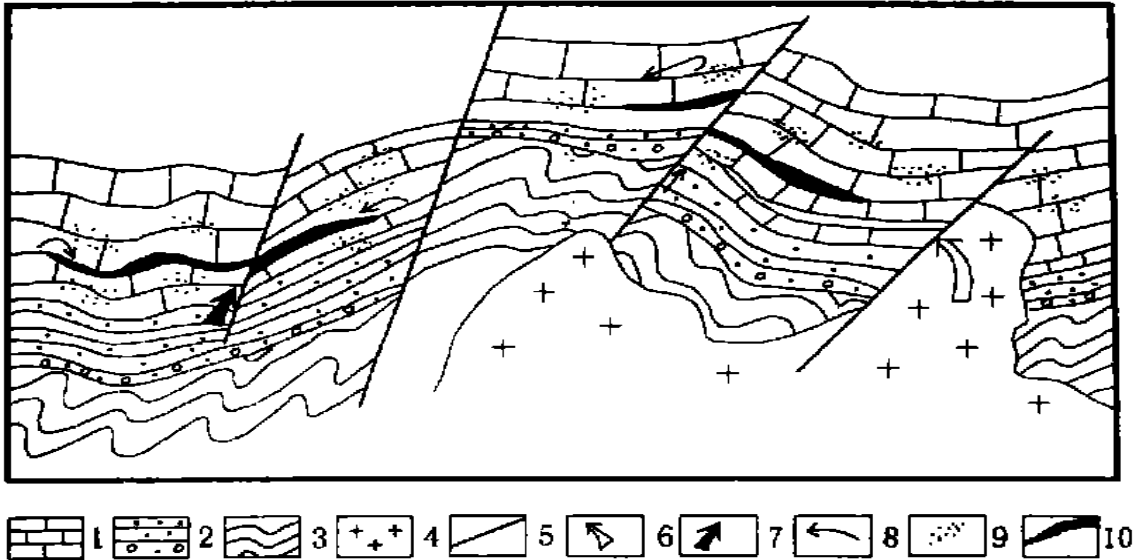


图 2 后江桥铅锌矿床成矿模式图

Fig. 2 Ore-forming model of Houjiangqiao Pb-Zn deposit

1. 泥盆纪地层碳酸盐建造 2. 泥盆纪地层碎屑岩建造 3. 前泥盆纪地层复理石建造 4. 花岗岩侵入体 5. 断裂构造 6. 岩浆热液 7. 渗流热卤水 8. 原生水 9. 矿源层中铅锌胚胎矿 10. 铅锌矿床

参考文献:

[1] 张纯臣, 谭正修, 朱伦杰, 等. 湖南省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 131-135.

[2] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985.

[3] 王育民, 朱家鳌, 余琼华, 等. 湖南铅 锌矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 260-270.

DEPOSIT GENESIS AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF HOUJIANGQIAO Pb-Zn DEPOSIT IN HUNAN

LI Xiang-neng

(418 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Loudi 417000, China)

Abstract: The Houjiangqiao Pb-Zn deposit features multi-source, multi-stage in mineralization, which is mainly related to Devonian strata and hydrothermal activity. Studies on geology, isotopes and metallogenesis indicate that the ore-forming material derived from strata and magma derived from crust-mantle. The deposit belongs to Pb-Zn deposit related to sedimentary-remobilization.

Key words: Hou Jiangqiao; Pb-Zn deposit; Geological characteristics; Deposit genesis; Hunan

(上接第 40 页)

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS
OF BEIYA GOLD DEPOSIT, YUNNAN PROVINCE

GE Liang-sheng¹, GUO Xiao-dong¹, ZOU Yi-lin, LI Zhen-hua¹, ZHANG Xiao-hui²

(1. Geological institute of the Armed police forces, Langfang 065000, China;
2. The 13rd branch of the armed police forces, Kunming 650111, China)

Abstract: Beiya gold deposit, Yunnan province is one of the typical deposits related to alkali-rich intrusion of Himalayan period. It is characterized by multi-stages of ore formation and alteration zonation. Ore bodies' (lodes') occurrences are spatially, temporally (slightly later) and genetically related to alkali-rich intrusions (dykes) in the mine district. However, data of gold abundance, isotope and REE of the deposit and related alkali-rich intrusions (dykes) show that ore material is not derived from the intrusion, together with ore fluid from deep source dominated by mixation of upper mantle and lower mantle and that relation between the alkali-rich magmatism and the ore genesis is complex.

Key words: Beiya gold deposit; alkali-rich intrusion; Yunnan province