

西藏工布江达县亚贵拉铅锌矿床地质特征及成因分析

连永牢^{1,2}, 曹新志¹, 燕长海³, 杜欣³, 高明³, 罗雪¹

(1. 中国地质大学, 武汉 430074; 2. 武警黄金第一支队, 牡丹江 157021;
3. 河南地质调查院, 郑州 450007)

[摘要] 西藏工布江达县亚贵拉铅锌矿床位于狮泉河-纳木错-嘉黎结合带南侧, 隆格尔-工布江达弧后断隆带内, 矿体产于上石炭-下二叠统来姑组变石英砂岩与大理岩岩性转换部位, 呈层状、似层状产出, 其产状与地层一致。文章通过对矿床地质、地球化学特征和流体特征的研究, 分析了矿床成因。矿区岩、矿石稀土元素地球化学特征及硫同位素分析表明, 成矿物质主要来自深部物源区, 氢、氧同位素资料证明成矿溶液为岩浆水和变质水组成的混合水, 矿床既具有明显的热液沉积成因特征, 又受后期岩浆热液的强烈叠加, 属热液沉积-岩浆热液叠加改造型矿床。

[关键词] 地质特征 矿床成因 铅锌矿床 亚贵拉 西藏

[中图分类号] P618.61; P618.43 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2009)05-0570-07

Lian Yong-lao, Cao Xin-zhi, Yan Chang-hai, Du Xin, Gao Ming, Luo Xue. Geological characteristics and genesis of Yaguila lead-zinc deposit in the Gongbujiangda county of Tibet province [J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45 (5): 570-576.

亚贵拉铅锌矿床位于西藏工布江达县境内, 距金达镇 40 km。矿床地理坐标为东经 92°40'41" ~ 92°46'17", 北纬 30°12'21" ~ 30°13'58"。2003 ~ 2005 年间, 河南省地质调查院在金达成矿远景区开展 1:5 万水系沉积物测量时, 发现了亚贵拉铅锌多金属矿床, 并对其进行勘查评价, 目前已发现铅锌矿体 9 个, 钼矿体 1 个, 银、铅锌均达到大型矿产地规模^①。

在念青唐古拉成矿区, 亚贵拉铅锌矿床具有规模大、品位富的特点。但在过去的几年间, 对该矿床所作的研究甚少, 对该矿床的成因尚存在一定的争议。本文通过对该矿床的成矿地质背景、矿床地质特征和地球化学特征进行了初步研究, 对亚贵拉铅锌矿床的成矿物质和成矿流体的来源进行了探讨, 并结合区域地质构造背景分析了矿床的成因。该项工作对深化该区铅锌成矿作用的认识、总结区域成矿规律及指导该区进一步找矿, 均有重要的理论和实践意义。

1 区域地质背景

亚贵拉矿区地处狮泉河-纳木错-嘉黎结合带

南侧, 隆格尔-工布江达弧背断隆带中, 在区域上出露地层有中-新元古界、前奥陶系、古生界及中生界。其中上石炭统-下二叠统地层在区内广泛发育, 主要岩性有灰色板岩、板状千枚岩, 夹有碳酸盐岩, 为一套典型的碎屑岩-碳酸盐岩建造。区域上构造线总体呈东西走向, 由一系列近于平行的东西向断裂组成, 常被北北西向、北西向或北东向断裂斜切。燕山晚期至喜马拉雅期酸性岩浆侵入活动在区内十分强烈, 岩石类型主要有黑云母花岗岩、黑云母花岗岩闪长岩和斑状黑云母花岗岩。区内已发现金属、非金属矿床(点)数十处, 其中亚贵拉铅锌矿床、空布拉石膏矿床及拉屋铜铅锌矿床均达到大型、超大型规模。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

亚贵拉矿区出露地层为上石炭-下二叠统来姑组, 主要岩性为变石英砂岩、长石石英砂岩、砂质板岩、泥质板岩、硅质岩、泥晶灰岩及大理岩等。

[收稿日期] 2009-01-23; [修订日期] 2009-07-01。[责任编辑] 杨欣。

[基金项目] 中国地质调查局项目(编号: 1212010530103)资助。

[第一作者简介] 连永牢(1978年—), 男, 2001年毕业于长春工程大学, 获硕士学位, 现主要从事矿产普查与勘探方面工作。

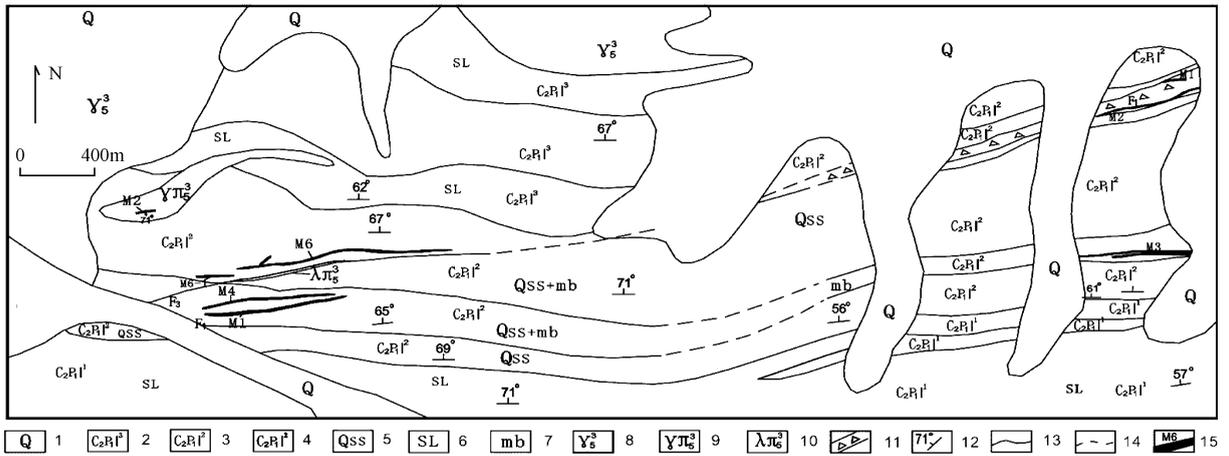


图 1 亚贵拉铅锌矿床地质图^①

Fig. 1 Geological sketch map of Yaguila lead-zinc deposit^①

1—第四系;2—上石炭下二叠统来姑组第三段;3—上石炭下二叠统来姑组第二段;4—上石炭下二叠统来姑组第一段;5—变质石英砂岩;6—砂质板岩;7—大理岩;8—燕山晚期花岗岩;9—燕山晚期花岗岩斑岩;10—石英斑岩;11—破碎带;12—产状;13—地质界限;14—推测地质界限;15—矿体位置及编号

1—Quaternary; 2—3rd unit of Upper Carboniferous and lower Permian Laigu formation; 3—2nd unit of Upper Carboniferous and lower Permian Laigu formation; 4—1st unit of Upper Carboniferous and lower Permian Laigu formation; 5—quartz sandstone; 6—sandy slate; 7—marble; 8—Late Yanshannian granite; 9—Late Yanshannian granite porphyry; 10—quartz porphyry; 11—fracture belt; 12—occurrence; 13—geological boundry; 14—inferred geological boundry; 15—location and number of ore body

矿区断裂构造十分发育,中部北东向的次级断裂破碎带 F₁ 其为区内重要的控矿构造(图 1)。F₁ 断裂在区内出露长度大于 7000m,产状 356°~12°∠70°~83°,呈陡倾斜。该断裂具多期活动性特点,主断层面上常具光滑的后期构造滑脱遗迹。根据构造面上的阶步特征判断,具逆断层性质,破碎带一般宽 10~40m 不等,最宽可达 160m,断裂东段破碎规模大于西段。破碎带内岩石挤压片理化、构造透镜体发育,沿断裂带多处地段有石英斑岩脉分布。带内矿化蚀变发育,主要有方铅矿化、闪锌矿化、黄铁矿化、硅化、矽卡岩化及碳酸盐化等。矿区内岩浆活动强烈,主要为燕山晚期黑云母花岗岩、花岗岩斑岩及

石英斑岩等,呈岩株、岩脉产于矿区北西部或 F₁ 断裂带,岩体与地层呈侵入接触关系,在外接触带形成矽卡岩型铅锌矿化。

2.2 矿体特征

亚贵拉矿床共发现铅锌矿体 9 条,钼矿体 1 条,其中 M1、M4、M6、ZM2、ZM3 为主铅锌矿体, M6-1 为钼矿体,赋存于变石英砂岩与大理岩岩性转换部位,并受大理岩控制。矿体形态均较为规则,呈层状或似层状产出,与地层产状一致。以 M1、M4、M6、ZM2、ZM3,号矿体规模较大,品位较高。各矿体特征见表 1。

表 1 亚贵拉铅锌多金属矿床主要矿体产出特征^①

Table 1 Occurrence of main orebodies in the Yaguila Lead-Zinc deposit^①

矿体编号	矿体长度/m	矿体厚度/m	倾向/°	倾角/°	矿体形态	平均品位		
						Pb/%	Zn/%	Ag/10 ⁻⁶
M1	760	5.69	343~350	72~78	层状	5.45	2.53	86.91
M4	740	4.10	352~5	54~68	似层状	2.68	0.70	82.08
M6	2000	11.28	350~355	62~65	层状	8.00	2.11	145.56
ZM2	1040	7.97	335~355	72~75	似层状	5.39	6.72	64.29
ZM3	650	4.07	325~335	35~42	层状	1.17	2.11	

①河南省地质调查院. 西藏当雄-嘉黎铅锌银矿产资源调查评价报告, 2006.

M6 矿体赋存于 F_1 断裂上盘(北侧)的变石英砂岩与大理岩岩性转换部位,矿体产状与围岩一致,铅银含量高且分布较为均匀,矿体厚度稳定。矿体中的硫化物具有西部以磁黄铁矿、黄铁矿为主,向东黄铜矿、方铅矿、闪锌矿逐渐增多的变化规律^[1]。

ZM2 矿体赋存于 F_1 断裂破碎带东段,呈似层状,产状与断裂带基本一致,矿体围岩为碎裂大理岩及石英砂岩,矿体厚度沿走向、倾向较稳定,局部有膨大尖缩现象。矿化较为均匀,铅锌矿化在平面上呈现西部碎裂大理岩段矿化强度高,东部碎裂砂岩段矿化较弱;矿化强度由地表向深部有增强的趋势。

2.3 矿石成分

亚贵拉矿区矿石矿物组合简单,金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、黄铁矿、胶状黄铁矿、黄铜矿、毒砂等,其中闪锌矿、方铅矿为目前主要的工业利用矿物,磁黄铁矿为贯穿矿体始终存在的金属矿物。脉石矿物主要有透辉石、辉石、透闪石、石榴石、绿帘石、绿泥石、石英、方解石以及少量绢云母。

2.4 矿石结构构造

矿石结构主要为自形—它形粒状结构、填隙结构、交代熔蚀结构、交代残余结构、固溶体结构等。矿石构造主要有块状构造、纹层状构造、脉状构造、浸染状构造、条带状构造、细脉状构造、角砾状构造等。矿石组构特征反映该矿床兼具喷流沉积特点,又具有改造成因特征^[2,3]。

2.5 围岩蚀变

区内与铅锌多金属成矿有关的围岩蚀变主要有矽卡岩化、硅化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、黄铁矿化、绢云母化等。一般蚀变较弱,主要发生在近矿围岩中,远离矿体基本没有矿化蚀变发生。在矿区这些与成矿有关的蚀变带分带性较为明显,蚀变类型沿远离矿体方向依次出现矽卡岩化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化等。矿体矿化强度主要与其所处地段矽卡岩化程度有关,矽卡岩化强的地段矿体矿化好,表现为正相关关系。

矿体顶、底板围岩蚀变表现为不对称特点,常见为底板围岩蚀变强于顶板围岩,这种非对称围岩蚀变是喷流—沉积矿床热液活动的重要标志^[4]。另外矽卡岩化中的石榴子石颗粒较小,与岩浆热液叠加改造成因的粗粒石榴子石有着显著的差别,表明矿床具有多期成矿的特征。

2.6 成矿阶段及矿物共生组合

根据野外观察和室内对矿石结构、构造和矿物

特征及相互穿插关系分析,亚贵拉铅锌多金属矿床经历多期次多阶段成矿作用,总体上表现为热水沉积成矿期和岩浆热液叠加改造期两期成矿作用。根据成矿演化过程及矿物共生组合特点划分为以下成矿阶段:

热水沉积成矿期是亚贵拉矿区的主成矿期,有大量硫化物出现,以出现细粒铁闪锌矿、磁黄铁矿、石英组合为特征,脉石矿物出现透辉石、透闪石和细粒石榴子石,矿石具有典型的层纹状构造。

岩浆热液改造成矿期为次要成矿期,闪锌矿、方铅矿等硫化物主要呈细脉状沿早阶段硫化物矿石内部裂隙充填,主要与燕山晚期黑云母花岗岩岩浆热液活动密切相关。该成矿期可进一步划分出三个成矿阶段^[5]:

1) 石英硫化物阶段是热液成矿期最早的一个阶段,主要生成矿物为黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿和方铅矿、辉钼矿,脉石矿物主要为石英,出现含矿热液沿裂隙充填而形成的石英脉型矿石;

2) 绿泥石硫化物阶段该阶段形成矿物主要为闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿,脉石矿物为绿泥石、绢云母、绿帘石,金属矿物含量较前一成矿阶段明显减少;

3) 碳酸盐硫化物阶段随着温度下降,晚期围岩蚀变发育碳酸盐化,形成含硫化物的碳酸盐脉。黄铁矿呈细粒集合体分布于碳酸盐细脉中。

3 矿床地球化学特征

3.1 稀土元素地球化学

亚贵拉矿区岩矿石样品的稀土总量为 $88.10 \times 10^{-6} \sim 529.30 \times 10^{-6}$, LREE/HREE 为 2.84 ~ 4.70。经标准化以后, δCe 为 0.60 ~ 0.93, δEu 为 0.24 ~ 0.97, $(La/Yb)_N$ 为 4.86 ~ 18.63。(表2)稀土元素组成总体上具有稀土总量高,轻重稀土元素分异明显的特点,轻稀土元素总量大于重稀土元素总量,大多数样品具有负 Eu 异常和弱或无负 Ce 异常,稀土元素球粒陨石标准化曲线(图2)向右倾,这与塔斯马尼亚、西秦岭山阳榨水银洞子等典型的热热水沉积矿床稀土模式相类似^[6]。YGG-27 条带状大理岩和 YGG-28 钠长石岩配分曲线较为相似,稀土总量低,分别为 88.10×10^{-6} 、 155.80×10^{-6} ,样品呈现 Ce 和 Eu 负异常,轻稀土富集,显示出原始热水喷流沉积成矿的特征^[7-11]。M1、M4 稀土元素总量低,具有不同程度的 Ce 负异常,这与海底热水与正常海水混合的 Ce 负异常特征相吻合,反映了亚贵拉矿区的

热水喷流沉积成因。YGG-31 硅质岩 δEu 值为 0.24, 具有强的负 Eu 异常, 轻重稀土分馏明显, 其稀土元素配分曲线形态与 M1、M4 矿体相似性较好, 说明 M1、M4 矿体成矿物质来源和成矿环境与区内硅

质岩有密切的联系。M6 矿体稀土总量较高为 225.43, 轻重稀土比值 9.66, 与 M1、M4 矿体有明显的差异, 推测 M6 矿体可能是在热水沉积基础上受到岩浆热液改造的结果。

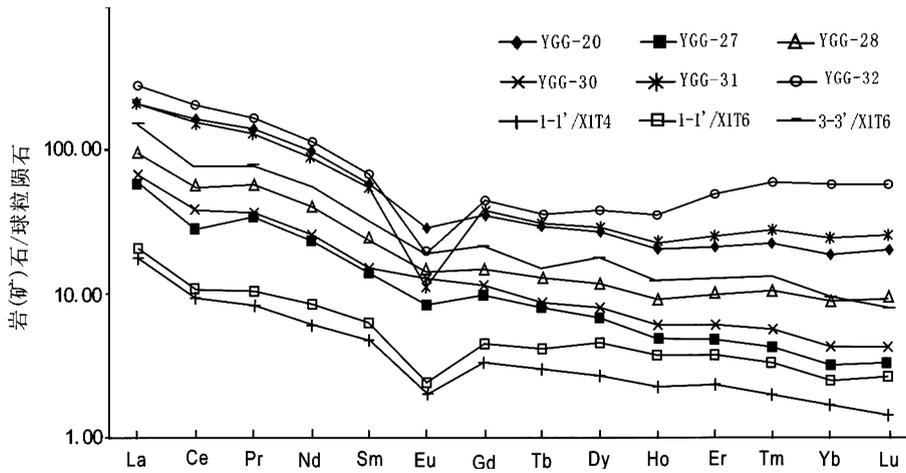


图 2 亚贵拉铅锌矿床稀土元素配分曲线

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of Yaguala lead-zinc deposit

表 2 亚贵拉铅锌矿床岩、矿石稀土元素分析结果 ($\times 10^{-6}$)

Table 2 Analytical results of REE content of surrounding rocks and ores in the Yaguala lead-zinc deposit ($\times 10^{-6}$)

样品编号	样品名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
YGG-20	黑板岩	72.23	149.80	16.93	62.95	11.66	2.00	9.26	1.48	8.21	1.63	4.30
YGG-27	大理岩	20.14	25.60	4.10	14.95	2.79	0.58	2.54	0.40	2.04	0.39	0.96
YGG-28	钠长石岩	32.69	50.74	6.92	26.23	4.78	1.00	3.88	0.64	3.55	0.74	1.98
YGG-30	粉砂岩	22.78	35.00	4.41	16.64	3.00	0.89	2.95	0.43	2.40	0.49	1.23
YGG-31	硅质岩	71.42	143.70	15.83	57.37	10.93	0.77	9.93	1.53	8.83	1.84	5.13
YGG-32	铁白云岩	95.13	187.00	20.43	73.91	13.66	1.33	11.50	1.80	11.47	2.82	9.79
1-1'/X1T4	M1 矿体	5.98	8.56	1.00	3.89	0.96	0.14	0.87	0.15	0.81	0.18	0.47
1-1'/X1T6	M4 矿体	6.98	9.81	1.25	5.40	1.27	0.17	1.16	0.21	1.37	0.30	0.75
3-3'/X1T6	M6 矿体	52.3	70.50	9.39	36.10	6.55	1.35	5.69	0.75	5.42	1.00	2.59
	陨石	0.34	0.91	0.12	0.64	0.20	0.07	0.26	0.05	0.30	0.08	0.20
样品编号	样品名称	Tm	Yb	Lu	Y	总量	LREE/HREE	δCe	δEu	(La/Yb)		
YGG-20	黑板岩	0.68	4.13	0.61	36.85	382.80	4.70	0.93	0.61	11.32		
YGG-27	大理岩	0.13	0.70	0.10	12.71	88.10	3.41	0.60	0.70	18.63		
YGG-28	钠长石岩	0.32	1.97	0.28	20.09	155.80	3.66	0.73	0.74	10.74		
YGG-30	粉砂岩	0.17	0.95	0.13	17.08	108.50	3.20	0.74	0.97	15.51		
YGG-31	硅质岩	0.84	5.37	0.77	51.95	386.20	3.48	0.92	0.24	8.61		
YGG-32	铁白云岩	1.80	12.66	1.77	84.28	529.30	2.84	0.91	0.34	4.86		
1-1'/X1T4	M1 矿体	0.47	0.06	0.37	0.04	30.87	1.98	0.73	0.49	10.46		
1-1'/X1T6	M4 矿体	0.75	0.10	0.55	0.08	37.08	2.04	0.70	0.45	8.21		
3-3'/X1T6	M6 矿体	2.59	0.40	2.15	0.24	225.43	3.58	0.67	0.71	10.74		
	陨石	0.03	0.22	0.03								

注: YGG-20、YGG-27、YGG-28、YGG-30、YGG-31、YGG-32 样品由国土资源部武汉矿产资源检测中心 2007 年分析; 采用 12 个球粒陨石组合样 (Wakita) 数据进行标准化。1-1'/X1T4、1-1'/X1T6、3-3'/X1T6 的稀土元素测试数据来源于①。

3.2 稳定同位素地球化学

3.2.1 硫同位素组成

亚贵拉铅矿床采集金属硫化物硫同位素样品10件,测试结果见表3。从表可知硫同位素组成变化为1.7‰~6.7‰,除一个样品 $\delta^{34}\text{S}<3$ 外,其余样品均在3‰~7‰之间,平均值为5.36‰(n=9),极差3.09‰,在硫同位素直方图上(图3),具有变化范围窄、正向偏离陨石值、离散度小、均一化程度高、数据点分布集中的特点。与深部岩浆作用有关的硫同位素组成(5‰)相一致,反映了深部岩浆硫源的同位素组成特点。各硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值依磁黄铁矿>

方铅矿(在同一个样品中更为明显),表明成矿过程中硫同位素分馏基本达到平衡。另外矿石标本上矿物之间的穿插关系显示矿区硫化物生成顺序早到晚依次为磁黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-黄铁矿,这与矿区富集重硫的顺序基本相同,故所测的磁黄铁矿、方铅矿是在平衡共生条件下形成,应为同一矿化期的产物。根据亚贵拉矿区主要矿化阶段出现大量的磁黄铁矿,显示当时 $f\text{S}_2$ 较高, $f\text{O}_2$ 和pH值较低,因此矿物的 $\delta^{34}\text{S}$ 与成矿热液 $\delta^{34}\text{S}_{\text{S}}$ 值接近,这种低的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{S}}$ 值具有深源硫特点^[12,13]。

表3 亚贵拉铅锌矿床硫同位素组成

Table 3 Sulfur isotopic composition of Yaguila lead-zinc deposit

序号	样品名称	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}$	序号	样品名称	测试矿物	$\delta^{34}\text{S}$
1	致密块状磁黄铁矿矿石	磁黄铁矿	5.83	6	方铅矿矿石	方铅矿	1.70
2	磁黄铁矿-方铅矿矿石	方铅矿	4.81	7	方铅矿矿石	磁黄铁矿	6.59
3	磁黄铁矿-方铅矿矿石	磁黄铁矿	6.41	8	方铅矿矿石	方铅矿	3.61
4	方铅矿矿石	方铅矿	4.34	9	方铅矿矿石	方铅矿	4.09
5	方铅矿矿石	磁黄铁矿	6.70	10	方铅矿矿石	磁黄铁矿	5.85

国土资源部中南矿产资源监督检测中心同位素地球化学研究室分析测试。

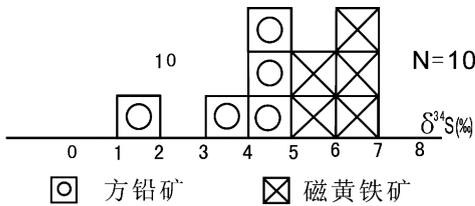


图3 亚贵拉铅锌矿床硫同位素直方图

Fig. 3 Histogram of sulfur isotopic composition of the Yaguila Pb-Zn deposit

3.2.2 氢氧同位素特征

该区矿石中石英包裹体氢氧同位素组成特征见表4。由表4可知包裹体 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为-51.2‰~-68.7‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为-9.37‰~13.08‰。投影到 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图(图4)上,投影点多数落入变质水区,靠近岩浆水和原生水。根据地质地球化学特征,结合氢、氧同位素组成,可知亚贵拉矿区热水沉积期成矿流体应主要来自盆地卤水,可能是地层原生水与经过水-岩反应改造过的海水所形成的混合流体。叠生改造期成矿流体可能是岩浆水和变质水的混合流体。

似,而与交代成因硅质岩(2.46‰~3.4‰)和生物成因硅质岩(-1.1‰~3.4‰)相差甚远,反映出热水沉积的特点^[14,15]。

表4 亚贵拉铅锌矿床氢氧同位素分析结果

Table 4 Hydrogen and Oxygen Isotopic compositions of the Yaguila Pb-Zn deposit

样品编号	样品名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$
YGK-8	石英	13.08	-51.2
YGK-4	方解石	-9.37	-68.7
YGK-29	石英	11.23	-55.4

国土资源部中南矿产资源监督检测中心同位素地球化学研究室分析测试,测试仪器为气体质谱计,测试对象为石英流体包裹体。

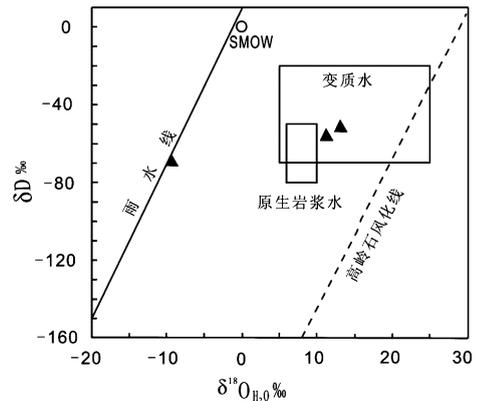


图4 亚贵拉铅锌矿床氢氧同位素投影图

Fig. 4 H-O compositions of the Yaguila lead-zinc deposit

3.2.3 硅同位素

矿区硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为-0.3‰和0.1‰,平均为-0.1‰,与马里亚那海槽现代海底黑烟囱热水沉积物以及秦岭热水沉积硅质岩的同位素组成极其相

4 矿床成因探讨

初步认为,亚贵拉铅锌矿床的成因属于热水喷流沉积—岩浆热液叠加改造型矿床^[2,16],主要成因标志如下:1)矿体产于以细碎屑岩夹碳酸盐建造中,主要呈层状、似层状顺地层产出,产状与地层一致,矿石中保留有典型的同生沉积结构^[17];2)矿体围岩中多见有热水沉积岩,主要由硅质岩、钠长石岩、硅质结核灰岩、纹带和条带状灰岩、透辉石矽卡岩、铁白云石岩等组成,这是热水喷流矿床区别于其他类型矿床的重要标志与特征之一^[18,19];3)近矿围岩蚀变以矽卡岩化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化为主,矿体顶、底板围岩蚀变不对称,常见为底板围岩蚀变强于顶板围岩。非对称围岩蚀变是喷流—沉积矿床热液活动的重要标志;4)在燕山期岩浆岩外接触带见有沿裂隙充填的脉状矿体,在岩体内也见有方铅矿脉分布,显示燕山期岩浆侵位过程中,伴随有热液活动和方铅矿化。另外层状铅锌矿体有被后期铅锌矿脉穿切的现象,显然两者并非同一成矿期形成,前者层状矿应早于后者脉状矿,表明存在后期岩浆热液的叠加改造作用;5)硫同位素数据反映出矿石硫具有深部还原硫的特点;氢氧同位素数据表明,成矿过程中有变质水和岩浆水的参与;稀土元素与硅同位素数据显示矿床具有热水喷流成矿的特点。

综上所述,亚贵拉铅锌多金属矿床的形成过程可以简单概括为,晚古生代初期,本地区开始发生裂解、断陷,形成冈底斯—念青唐古拉区晚古生代裂谷带。随着裂谷带内部次一级的断隆和凹陷的加深加大,在凹陷盆地边缘由于同生断裂的活动出现海底热水作用,富含金属元素的热溶液沿同生断裂上升,在海底的断陷洼地中沉淀富集,形成初始层状矿体,为亚贵拉铅锌多金属矿床的形成奠定了物质基础。

燕山期运动该区发生大规模的褶皱及断裂作用,在变石英砂岩与大理岩岩性转换部位不同的岩性层界面上形成大量的构造滑脱面。这些界面成为后期岩浆热液成矿作用的通道及定位空间。在燕山晚期由于岩浆侵入作用,岩浆热液沿着构造界面对早期热水喷流成矿作用形成的铅锌矿体进行改造,初始矿层中铅、锌等元素及硅在岩浆热液作用下又使发生活化、迁移,在有利的构造部位富集沉淀形成含铅、锌硫化物的石英脉及石英细脉。

[参考文献]

- [1] 任云生,张金树,范文玉,蔡朝阳. 西藏甲马铜多金属矿床远景预测[J]. 地质与勘探,2002,38(5):30-33.
Ren Yun-sheng, Zhang Jin-shu, Fen Wen-yu, Cai Chao-yang. Prospective forecasting of Jiama copper-polymetallic ore deposit Tibet[J]. Geology and Exploration, 2002, 38(5):30-33.
- [2] 杨言辰,王可勇,冯本智. 大横路式钴(铜)矿床地质特征及成因[J]. 地质与勘探,2004,40(1):7-11.
Yang Yan-chen, Wang Ke-yong, Feng Ben-zhi. Geological characteristics and genesis of the Dahenglu type cobalt (copper) deposits, Jilin province[J]. Geology and Exploration, 2004, 40(1):7-11.
- [3] 王昊,赵金洲,秦旺,张莹. 河南省南召县水洞岭铜锌矿成矿地质特征及矿床成因[J]. 地质与勘探,2008,44(3):12-17.
Wang Hao, Zhao Jin-zhou, Qin Wang, Zhang Ying. Geological and genesis of Shuidongling copper and zinc deposit in the Nanzhao county Henan [J]. Geology and Exploration, 2008, 44(3):12-17.
- [4] 田毓龙,秦德先,林幼斌,沈振兴. 喷流热水沉积矿床研究的现状与进展[J]. 昆明理工大学学报,1999,24(1):150-156.
Tian Yu-long, Qin De-xian, Lin You-bin, Shen Zhen-xing. Present situations and progress of studies on the hydrothermal exhalative sedimentary deposit[J]. Journal of Kunming university of science and technology, 1999, 24(1):150-156.
- [5] 温春齐,徐新煌,茅燕石. 小热泉子铜矿床成矿过程分析[J]. 矿物岩石,2002,22(3):29-32.
Wen Chun-qi, Xu Xin-huang, Mao Yan-shi. A study on ore-forming process of process of the Xiaiorrequanzi copper deposit Xinjiang[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2002, 22(3):29-32.
- [6] 吴志亮,李峰. 热水沉积成岩成矿作用—以阿尔泰泥盆纪火山沉积盆地为例[M]. 北京:地质出版社,1996:23-44.
Wu Zhi-liang, Li Feng. Metallogensis and diagenesis of Hydrothermal—A Case Study of Devonian volcanic-sedimentary basin of Altai[M]. Beijing:Geological Publishing House Press, 1996:23-44.
- [7] 黄永平,吴健民. 东川铜矿田因民组热水沉积岩地质地球化学[J]. 地质与勘探,1999,35(4):15-18.
Huang Yong-ping, Wu Jian-min. Geology and geochemistry of thermal-water sedimentary rock of Yinmin formation in the Dongchuang copper ore field[J]. Geology and Exploration, 1999, 35(4):15-18.
- [8] FLEET A J. Hydrothermal processes at Seafloor Spreading Centers [C]. New York:Plenum Press, 1983:473-489.
- [9] 韩发, R W 哈钦森. 大厂锡—多金属矿床热液喷气沉积成因的证据—容矿岩石的微量元素及稀土元素地球化学[J]. 矿床地质, 1989, 8(3):33-42.
Han Fa, R. W. Hutchinson. Evidence for hydrothermal exhalative sedimentary origin of the Dachang tin-polymetallic deposits - geochemistry of rare earth elements and trace elements of the host rocks[J]. Mineral Deposits, 1989, 8(3):33-42.

- [10] Murray R W , Brink M R , Jones D L. Rare earth elements as indications of different marine depositional environments in chert and shale [J]. *Geology*, 1990, 18 (3) :268-271.
- [11] 赵国连. 皖南浙西热水成因硅岩的含矿性探讨[J]. *地质与勘探*, 2008, 44(1) :55-61.
Zhao Guo-lian. Ore potentiality of hydrothermal chert from southern Anhui to western Zhejiang [J]. *Geology and Exploration*, 2008, 44(1) :55-61.
- [12] 吕文德, 赵春和, 孙卫志, 燕建设. 河南栾川地区矽卡岩型铅锌矿地质特征—南泥湖钼矿外围找矿问题[J]. *地质调查与研究*, 2005, 28(1) :25-31.
Lv Wen-de, Zhao Chun-he, Sun Wei-zhi, Yan Jian-she. Characters of the Skarn Pb-Zn deposit in Luanchuan county, Henan Province [J]. *Geological Survey and Research*, 2005, 28(1) :25-31.
- [13] 张欢, 高振敏, 马德云, 陶琰, 伍孟银. 个旧超大型锡多金属矿床成矿物质来源的铅和硫同位素示踪[J]. *地质与勘探*, 2005, 41(2) :17-20.
Zhang Huan, Gao Zhen-min, Ma De-yun, Tao Yan, Wu Meng-yin. Lead and sulphur isotopic tracing for source of ore-forming material in the Gejiu tin-polymetallic deposit [J]. *Geology and Exploration*, 2005, 41(2) :17-20.
- [14] 李金高, 王全海, 郑明华, 周祖翼, 胡晓强, 姚鹏, 刘鸿飞, 杨成玉. 西藏 sedex 型矿床赋矿盆地性质对成矿元素的制约作用[J]. *沉积与特提斯地质*, 2001, 21(4) :11-20.
Li Jin-gao, Wang Quan-hai, Zheng Ming-hua, Zhou Zu-yi, Hu Xiao-qiang, Yao Peng, Liu Hong-fei, Yang Cheng-yu. The controls of the host basins on ore-forming elements from the sedex deposits in Xizang [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2001, 21(4) :11-20.
- [15] Douthitt C B. The geochemistry of the stable isotopes of silicon, Geoch Cosmoch, Acta. 1982, 46(8) :1449 ~ 1458.
- [16] 高菊生, 陈连红. 陕西省穆家庄铜矿床找矿预测与实践[J]. *地质与勘探*, 2006, 42(4) :1-4.
Gao Ju-sheng, Chen Lian-hong. Ore prediction and practice in the Mujiazhuang copper deposit in Shaanxi province [J]. *Geology and Exploration*, 2006, 42(4) :1-4.
- [17] 方适宜, 郑大瑜. 热水沉积成矿的主要控制因素及识别标志[J]. *铀矿地质*, 1993, 9(4) :27-30.
Fang Shi-yi, Zheng Da-yu. Principal ore-controlling factors and recognition criteria for the hydrothermal sedimentary metallogenesis [J]. *Uranium Geology*, 1993, 9(4) :27-30.
- [18] 薛春纪, 祁思敬, 郑明华, 刘建明. 热水沉积研究及相关科学问题[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2000, 19(3) :155-163.
Xue Chun-ji, Qi Si-jing, Zheng Ming-hua, Liu Jian-ming. Hydrothermal sediment research and associated scientific problems [J]. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 2000, 19(3) :155-163.
- [19] 肖荣阁, 张汉城, 陈卉泉, 董维全. 热水沉积岩及矿物岩石标志[J]. *地学前缘*, 2001, 8(4) :379-385.
Xiao Rong-ge, Zhang Han-cheng, Chen Hui-quan, Dong Wei-quan. Hydrothermal sedimentary rock and indicators of minerals and rocks [J]. *Earth Science ~ Frontiers*, 2001, 8(4) :379-385.

Geological Characteristics and Genesis of Yaguila Lead-Zinc Deposit in the Gongbujiangda County of Tibet Province

LIAN Yong-lao^{1,2}, CAO Xin-zhi¹, YAN Chang-hai³, DU Xin³, GAO Ming³, LUO Xue¹

(1. *China University of Geosciences, Wuhan 430074;*

2. *No. 1 Gold Geological Party of CAPF, Mudanjiang 157021;*

3. *Henan Geological survey, Zhengzhou 450007)*

Abstract: Yaguila lead-zinc deposit in the Gongbujiangda county of Tibet is located in the back-arc fault uplift area of Longgeer-Gongbujiangda of the south part of Shiquanhe-Namucuo-Jiali belt. The deposit is occurred in the lithology transformation of altered quartzose sandstone and marble of upper Carboniferous-lower Permian Laigu group. Orebodies, consistent occurrence with the strata, exists as layer and stratabound. The authors analyzed its genesis through an integrated study of geological characteristics, geochemistry and ore forming fluid characteristics. The REE and S isotopic composition show that the ore-forming metallic materials were derived from depth, and the H-O isotopic data indicates that the ore-forming fluids were mixture fluids of metamorphic water and magmatic water. The deposits are of obvious genetic characteristics of submarine hot water deposition and also sustained intensely reformed by later magmatic solutions. The genesis of this deposit is a sedimentary exhalative-magmatic hydrothermal deposit superimposed and altered by later fluids.

Key words: geological characteristics, origin of the deposit, lead-zinc deposit, Yaguila, Tibet province