

碳酸盐岩、碎屑岩、复理石及含煤、磷沉积建造,在震旦系至古生界地层中碳酸盐岩地层总厚度约占39%,碳酸盐岩呈分段被夹于泥、砂质碎屑岩层中的状态出现,是该区铅锌矿床的主要赋矿岩石。小江断裂、师宗—弥勒断裂是区域的主体构造,它们与隐伏的近EW向、SN向基底断裂共同控制着区域地质构造的发展演化及铅锌矿的成矿作用。区内次级构造以NE向褶皱—断裂带普遍发育,它们基本控制了滇东北铅锌矿带及主要矿床的分布。区域内广泛分布二叠纪晚期的峨眉山玄武岩,主要受小江断裂和昭通—曲靖隐伏断裂带控制,属典型大陆溢流玄武岩,岩石可分为熔岩类、火山碎屑岩类及火山碎屑沉积岩类等。

2 矿床地质特征

渔户村组为一穿时地层单位,根据晋宁县王家湾梅树村剖面 and 会泽县大海小麦地剖面,自下而上分为旧城段、白岩峭段(下白云岩段)、小歪头山段(硅质岩段)、中谊村段(磷块岩段)和大海段(上白云岩段),最厚可达829m。渔户村期处于震旦纪灯影期末尾,寒武纪开始的转折、过渡阶段,属于震旦纪部分的渔户村期由下而上沉积环境及岩相变化是:潮间(旧城段发育细碎屑岩、白云岩)→潮上、潮间(白岩峭段:白云

岩)→潮间、潮下(小歪头山段:硅质岩、白云岩)→潮下带(中谊村段:磷块岩、白云岩、硅质岩),从而显示出一个清楚的海进层序。正是渔户村组的这一岩相古地理的特殊条件,使其沉积了川南、滇中巨大磷块岩矿床,富集了多种金属矿质,成为铅锌矿的重要赋矿层位。

滇东北地区渔户村组铅锌矿体主要为层状或似层状,少量呈脉状穿层产出,脉状矿体可切穿渔户村组全部岩性段。铅锌矿主要赋存在白云岩、硅质白云岩、泥质白云岩以及白云质磷块岩中。矿石矿物以方铅矿、闪锌矿、黄铁矿及铅锌次生矿物为主,脉石矿物以白云石、石英、方解石及重晶石为主,可见萤石、电气石等气成矿物。矿石结构构造比较简单,以他形粗—细粒状结构为主,可见交代及交代残余结构。矿石构造以块状、浸染状、条带状、层纹状、角砾状为主。围岩蚀变主要有白云岩化、萤石化、重晶石化、方解石化以及硅化,其中白云石化与铅、锌矿作用关系最密切(表1)。滇东北渔户村组铅锌矿床为海底热水—改造成因矿床,铅锌矿化与热水沉积有关,同时与后期改造作用也有密切关系(陈启良,2002)^[1]。根据铅同位素组成特征和矿床地质构造特征,将滇东北渔户村组铅锌矿床分为两大类,即茂租型和金沙厂—五星厂型(柳贺昌,1998)^[2]。

表1 滇东北地区渔户村组主要矿床特征表

Table 1 Properties of the main lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

矿区名称	赋矿地层	赋矿岩性	控矿构造	产状	围岩蚀变
巧家茂租—东坪矿区	Є _{1y} 、Z ₂ dn	白云岩、白云质磷块岩	茂租逆断层、长坡背斜、大岩洞断层等	似层状、透镜状及脉状	白云岩化、硅化、萤石化
永善金沙厂矿区	Є _{1y} 、Z ₂ dn	白云岩、硅质白云岩	金沙厂逆断层	扁豆状、似层状及脉状	硅化、白云石化重晶石化、萤石化和方解石化等
会泽五星厂矿区	Є _{1y} 、Z ₂ dn	泥质白云岩、硅质白云岩和白云岩	五星逆断层	脉状矿为主,次为似层状	硅化、碳酸盐化、重晶石化

3 同位素地球化学特征

本文选取具有代表性的茂租、金沙厂、五星厂3个矿床作为主要研究对象,通过前人采集的样品及其稳定同位素测试结果,对滇东北地区渔户村组铅锌矿的稳定同位素地球化学特征进行综合分析研究。本文一共引用前人铅同位素样品21件,硫同位素样品26件,氢氧同位素样品3件。

3.1 铅同位素

选取的21个铅同位素样品中包括方铅矿样品18件、闪锌矿样品2件、白云岩样品1件。根据样品测试数据(表2),就全区来看,铅同位素组成比较复杂,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb为17.861~21.792,变化率22.0%;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb为15.42~16.14,变化率4.7%;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb为37.453~41.79,变化率11.6%。²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb分布比较集中,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb分布比较

表2 滇东北地区渔户村组铅锌矿床铅同位素组成

Table 2 Pb isotope compositions for lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

矿床	样号	样品位置	样品名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	数据来源
茂租	I-104	Z_2dn-E_1	方铅矿	17.98	15.47	38.01	1
	茂-6	Z_2dn-E_1	方铅矿	18.128	15.587	38.068	2
	9	Z_2dn-E_1	方铅矿	18.147	15.621	38.171	2
	13	Z_2dn-E_1	方铅矿	18.305	15.641	38.434	2
	3	Z_2dn-E_1 , 1400 坑一层矿	方铅矿	18.191	15.643	38.306	[2]
	11	Z_2dn-E_1 , 白卡打厂湾二层矿	闪锌矿	18.444	15.746	38.858	[2]
	MT-Pb2	Z_2dn-E_1 大石洞	方铅矿	18.109	15.629	38.161	[2]
五星厂	I-102	Z_2dn-E_1 , 脉状矿	方铅矿	19.38 ± 0.29	15.58 ± 0.13	40.37 ± 0.30	1
	王-1	Z_2dn-E_1 , 脉状矿	方铅矿	17.861	15.456	37.453	[2]
金沙厂	PbS-J	金沙矿段 201 矿体块状矿	方铅矿	21.07	15.888	41.3	3
	PbS-G	官房矿段 202 矿体块状矿	方铅矿	20.884	15.846	41.124	3
	YJ4-1	208 矿体中部	方铅矿	21.35	15.9	41.79	3
	PbS-Y	炎山矿段 211 矿体, 块状矿	方铅矿	21.174	15.856	41.289	3
	金-4	金沙矿段	方铅矿	21.264	15.847	41.25	2
	金-10(余)	官房矿段	方铅矿	21.363	15.879	41.433	2
	金-5	金沙矿段 401 采场	闪锌矿	18.429	15.698	38.598	2
	YJ6-1	105 矿体	方铅矿	20.48	15.42	40.03	3
	I-105	Z_2dn-E_1	方铅矿	21.17 ± 0.11	16.14 ± 0.21	41.74 ± 0.32	1
	Pb-9	Z_2dn-E_1	方铅矿	20.973	15.646	40.647	3
	金1-④	矿区外圈, 标水岩	方铅矿	21.792	15.773	41.342	[2]
	金1-10(林)	金沙矿段 105 坑口围岩	白云岩	18.493	15.987	38.905	[2]

注: 1—有色地质 314 队 4 分队, 1976; 2—虞明忠, 1989; 3—刘文周, 1989

分散。就单个矿区来看, 茂租矿区的铅同位素分布相对集中, 组成比较稳定, 用斯塔西两阶段演化模型计算年龄为正值, 属单阶段铅, 铅锌成矿年龄表现为多期性、多阶段性。金沙厂、五星厂矿区铅同位素分布比较分散, 组成不稳定。14 件样品中 11 件样品的铅为异常铅, 用斯塔西两阶段演化模型计算年龄为负值; 3 个样品的铅为正常铅, 模型计算年龄为正值(图 2)。表明矿区的铅属于以上地壳铅为主的壳幔源混合铅, 成矿物质是多来源的, 既有深部来源, 也有浅部来源。由铅同位素 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 增长曲线图解(图 3)可知, 大部分点落在上地壳线附近, 少数点落在造山带和地幔线附近。铅同位素 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 构造环境判别图解(图 4)也显示样品点主要落在地壳区内, 少数点落在造山带和洋岛火山岩区域内。可见全区的铅主要为壳源型铅, 少量来自地幔与造山带, 成矿物质来源与上述分析结果一致, 具有多源性的特点。

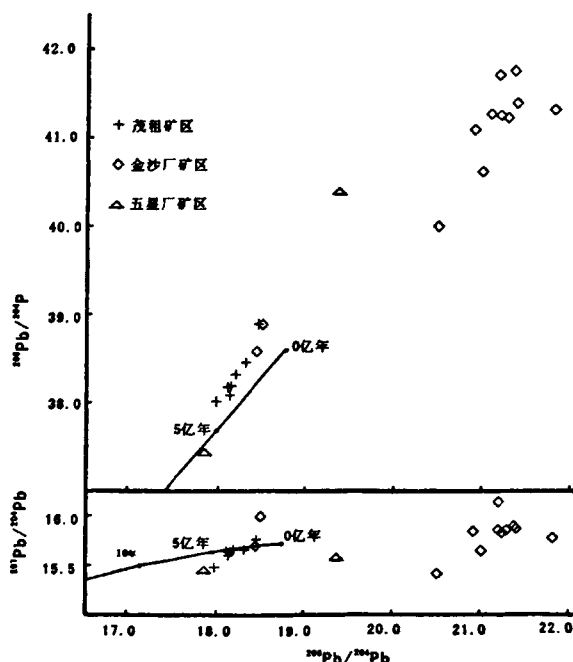


图2 滇东北地区渔户村组铅锌矿床铅同位素演化图
(演化曲线按斯塔西两阶段模式)

Fig. 2 Evolution diagram of the Pb isotopes of the lead and zinc deposit in Yuhucun formation in northeast Yunnan

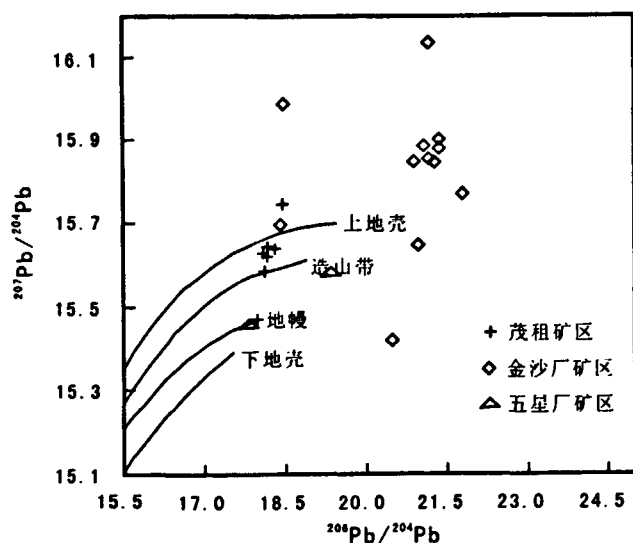


图3 滇东北地区渔户村组
铅锌矿床铅同位素增长曲线图解
(R E Zartman and B R Doe, 1981.)

Fig. 3 Growth graph of the Pb isotopes of the lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

综上所述,滇东北地区渔户村组铅锌矿床的成矿具有多期性、多阶段性;矿床的铅主要来自地壳,也有少量来自地幔和造山带,这从一定程度可以说明区内的岩浆活动为铅锌成矿提供了物源和热源。

3.2 硫同位素

选取的 26 件硫同位素样品中包括方铅矿样品 11 件、闪锌矿样品 12 件、白云岩样品 3 件。由样品测试数据(表 3)可知,全区 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -10.5% ~ 24.65% ,离差为 35.15% ,硫同位素分布比较分散,范围较宽,变化较大,具有明显的多源特征。全区 96.2% 的样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值大于零,大于零的 25 件样品中,17 件样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $0\sim10\%$ 之间,6 件样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $10\%\sim20\%$ 之间,2 件样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $20\%\sim30\%$ 之间,分布比较集中,具有塔式分布结构(图 5),具有海水硫特征。所有样品中,仅有 1 件样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值小于零, $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -10.5% ,具有生物硫特征。值得注意的是, $\delta^{34}\text{S}$ 值在 $0\sim10\%$ 之间的 17 件样品中,有 9 件样品 $\delta^{34}\text{S}$ 值小于 5% ,接近零值,与陨石硫相似,其中的部分硫可能来自岩浆热液。由此可知,本区铅锌矿床中的硫主要来自海水,少量来自生物硫,也可能还有少量来自岩浆硫。

对区内典型矿床闪锌矿和方铅矿的硫同位素进

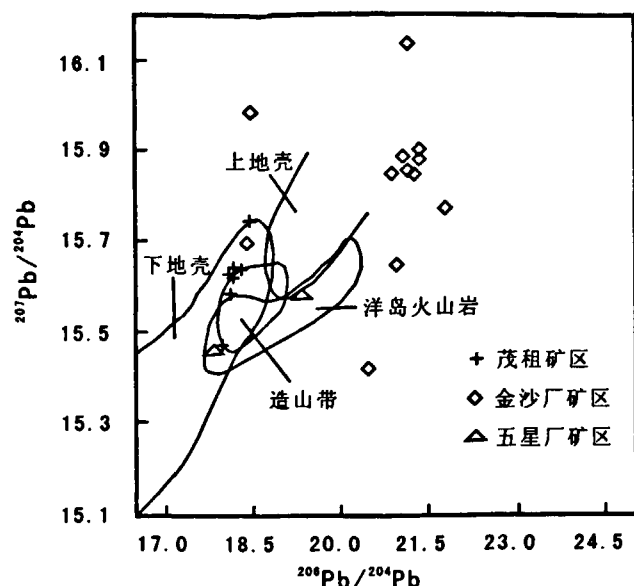


图4 滇东北地区渔户村组
铅锌矿床铅同位素构造环境图

(R E Zartman and B R Doe, 1981.)

Fig. 4 Tectonic environment diagram of the Pb isotopes of the lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

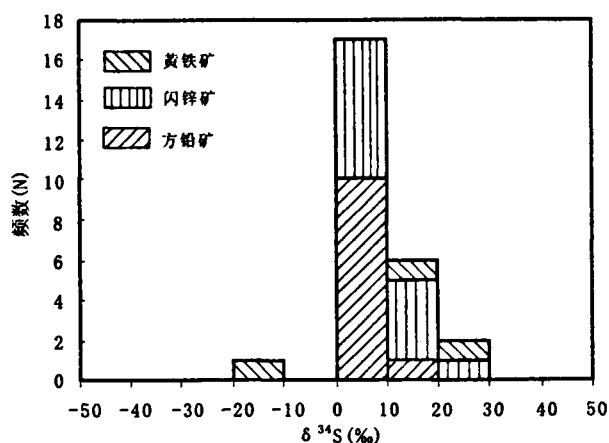


图5 滇东北地区渔户村组铅锌矿床硫同位素直方图
Fig. 5 Histogram of the S isotopes of the lead and zinc deposit in Yuhucun formation in northeast Yunnan

行温度计算,获得矿床平衡温度的变化范围在 133°C ~ 437°C (表 4)。表明渔户村组铅锌成矿温度比较分散,最低温度为 133°C ,最高温度为 437°C ,成矿具有多期性、多阶段性。

3.3 氢氧同位素

从表 5 可以看出,3 个石英样品的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 -0.12% ~ 2.78% ,离差为 2.9% ,分布比较集中; $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 -78.1% ~ -92.7% ,离差为 14.6% ,分布也较为

表 3 滇东北地区渔户村组铅锌矿床硫同位素组成

Table 3 S isotope compositions for lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

矿床	样号	样品名称	采样位置及产出特征	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	数据来源
茂租	I-6	方铅矿	似层状矿石	12.6	1
	I-7	闪锌矿	似层状矿石	14.1	1
	茂-3	黄铁矿	1400 坑, 一层矿, 与方铅矿伴生的结晶黄铁矿	19.86	2
	茂 8-①	方铅矿	上一平坑 9* 上山采场碳泥质白云岩中层状富矿	8.84	[2]
	茂 8-②	闪锌矿	上一平坑 9* 上山采场碳泥质白云岩中层状富矿	11.5	[2]
	茂-12	黄铁矿	白卡, CK602 孔, 炭泥质白云岩中散点状黄铁矿	-10.5	2
	茂-11	闪锌矿	白卡打厂湾民采铜中块状富矿	13.94	2
金沙厂	S-3-201	闪锌矿	下矿层金沙矿段 201 矿体	4.7	1
	S-4-201	方铅矿	下矿层金沙矿段 201 矿体	2.3	1
	S-6-201	闪锌矿	下矿层金沙矿段 201 矿体	4.7	1
	Pb-J-201	方铅矿	下矿层金沙矿段 201 矿体	1.1	[2]
	Pb-J-202	方铅矿	下矿层, 官房矿段, 202 矿体	4.8	[2]
	Y-J ₃ -1	闪锌矿	下矿层, 炎山矿段, 208 矿体	7	[2]
	Y-J ₃ -2	闪锌矿	下矿层, 炎山矿段, 208 矿体	6.5	[2]
	Y-J ₄ -1	方铅矿	下矿层, 炎山矿段, 208 矿体	3.8	[2]
	Y-J ₄ -2	闪锌矿	下矿层, 炎山矿段, 208 矿体	6.5	[2]
	Pb-Y-211	方铅矿	下矿层, 炎山矿段, 211 矿体	2.6	[2]
	S-5-105	闪锌矿	下矿层, 金沙矿段, 105 矿体	6.1	1
	YJ6-1	方铅矿	下矿层, 炎山矿段, 105 矿体	7	3
	S-1-405	闪锌矿	上层矿, 官房矿段, 405 矿体	4.6	1
	S-2-405	方铅矿	上层矿, 官房矿段, 405 矿体	5.1	1
	I-11	方铅矿	上层矿, 似层状矿石	8.2	1
	金-5	闪锌矿	上层矿, 金沙矿段 401 坑采场碳硅质白云岩	19.48	2
	金-9	黄铁矿	上层矿, 金沙矿段 401 坑采场碳硅质白云岩	21.34	2
	金 1-①	闪锌矿	拖姑标水岩, 白云岩中散点矿石	24.65	[2]
	金 1-④	方铅矿	拖姑标水岩, 采自矿山收购矿石中	5.14	[2]

注: 1-314 队 4 分队, 1976; 2-虞明忠, 1989; 3-刘文周, 1989。

表 4 渔户村组铅锌矿床硫同位素温度计算结果

Table 4 The temperature calculation results for lead and zinc deposit in Yuhucun Fm by S isotope

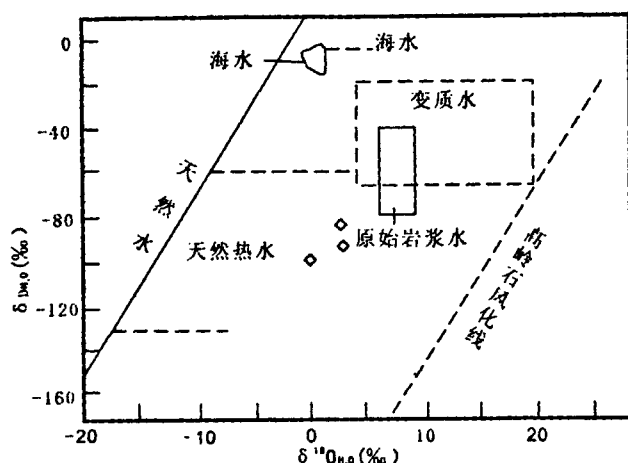
矿床	闪锌矿		方铅矿		温度 (°C)	计算公 式来源
	样号	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$	样号	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$		
茂租	茂-11	13.94	I-6	12.6	437	Sakai, 1968
	I-7	14.1	I-6	12.6	409	
	茂-11	13.94	茂 8-①	8.84	139	
	I-7	14.1	茂 8-①	8.84	133	
金沙厂	S-1-405	4.6	Pb-y-211	2.6	339	
	S-5-105	6.1	Pb-y-211	2.6	213	
	YJ-3	6.5	S-4-201	2.3	176	
	YJ4-2	6.5	S-2-405	5.1	426	
	YJ3-1	7	Pb-G-202	4.8	246	
	YJ3-1	7	YJ4-1	3.8	186	

表 5 渔户村组铅锌矿床氢、氧同位素组成

Table 5 H and O isotope compositions for lead and zinc deposit in Yuhucun Fm

矿床	样号	样品名称	层位	位置及产出特征	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$	数据来源
茂租	茂一1	石英	Z_2^2	1380 坑老铜口, 团块, 矿化	2.55	-78.1	[1]
金沙厂	金一4	石英	Z_2^2	炎山矿段民采场, 2 号矿体	-0.12	-92.7	1
	17	石英	Z_2^2	金沙矿段矿体	2.78	-86.9	1

注: 1—虞明忠, 1989

图 6 滇东北地区渔户村组铅锌矿床 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图解 (sheppard, 1977)Fig. 6 Diagram of $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ of the lead and zinc deposit in Yuhucun Fm in northeast Yunnan

集中。在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图解(图 6)上, 石英的氢氧同位素值落入天然热水范围内, 同时与原始岩浆水区很接

近, 离海水区较远。表明区内铅锌矿床成矿流体主要为大气降水, 同时可能有少量原始岩浆水的加入, 大气降水与岩浆水相遇后温度升高, 氢氧同位素值向原始岩浆水下限值靠近。

4 结论

(1) 滇东北地区渔户村组铅锌矿床的铅主要来自地壳, 也有少量来自地幔和造山带。

(2) 本区铅锌矿床中的硫主要来自海水, 少量来自生物硫, 还有少量可能来自岩浆硫。

(3) 区内的铅锌矿床成矿流体主要为大气降水, 同时可能有少量原始岩浆水的加入。

(4) 滇东北地区渔户村组铅锌矿床成矿物质来源有多源特征, 成矿过程具有多期性、多阶段性。

参考文献:

- [1] 陈启良. 滇东北渔户村组富铅锌矿成矿地质特征及找矿标志[J]. 地质与勘探, 2002, 38(1): 22-26.
- [2] 柳贺昌, 林文达. 滇东北铅锌银矿床规律研究[M]. 云南: 云南大学出版社, 1999.

Characterisitics of stable isotope geochemistry of lead and zinc deposit in Yuhucun formation in northeast Yunnan

JIANG Yong-guo¹, CUI Yin-liang², WU Jing¹, ZHANG Ya-hui¹

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Sciences and Technology, Kunming, Yunnan 650093;
2. Yunnan Bureau of Nonferrous Geology, Kunming, Yunnan 650051)

Abstract: Northeast Yunnan is one of the important lead and zinc ore accumulative zones while Yuhucun lead and zinc deposit is one of the ore containing stratum in Yuhucun formation in the region. The conclusion is that lead and zinc deposit's composition came from multiple-source and the formative processes was multi-period and multi-stage according to the research on Pb isotope, S isotope and H-O isotope of lead and zinc deposit in Yuhucun formation in northeast Yunnan. Pb came mostly from earth crust with a small amount coming from the mantle and orogenic belt. S originated from marine with a small amount from biological action. The main metallogenic fluid came from meteorological water and a small amount maybe came from Magmatic water.

Key Words: stable isotope, lead and zinc deposit, Yuhucun formation, northeast Yunnan