

铜山岭矿田庵堂岭铅锌矿床地球化学特征分析

易 慧¹, 徐素云²

(1. 湖南省有色地质勘查局二四七队, 长沙 410129; 2. 江苏省有色金属地质勘查局研究所, 南京 210007)

[摘要]铜山岭矿田是湘南多金属矿田之一,庵堂岭铅锌矿床位于铜山岭矿田的北部。矿床的地质地球化学特征反映出成矿元素与岩体关系密切,成矿元素的地球化学行为具有明显的分带性,同时在运移和沉淀的过程中受构造制约。通过对硫、铅同位素特征分析,矿区的成矿物质来源于岩浆热液并具深源性;矿床成因为与深源中酸性岩浆有关的中温热液矿床。

[关键词]成矿元素 地球化学特征 热液成矿作用 庵堂岭铅锌矿床

[中图分类号]P618.42;P618.43 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)04-0020-05

1 地质概况

铜山岭矿田是湖南省著名的与深源岩浆有关的铜铅铅锌多金属矿田,其地理坐标为东经 $111^{\circ}19'58'' \sim 111^{\circ}49'11''$ 、北纬 $24^{\circ}44'29'' \sim 25^{\circ}23'29''$ 。在矿田范围内围绕深源花岗岩分布有一系列由高温—低温的铜、铅、铅、锌、铋矿床(点),庵堂岭铅锌矿床位于铜山岭矿田北部成矿区域内(图1)。

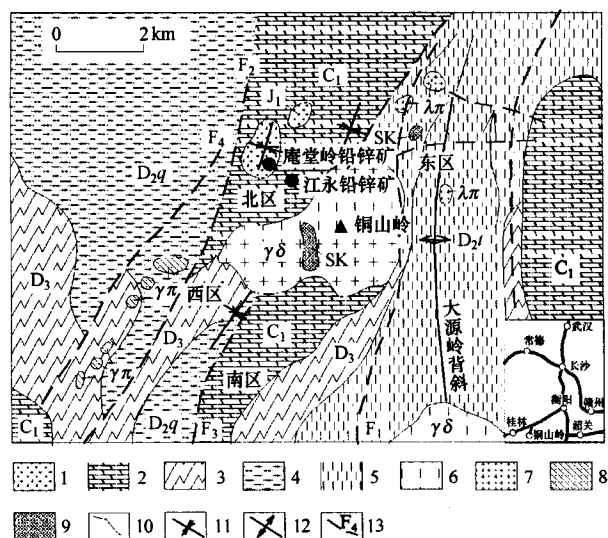


图1 铜山岭矿田地质图

1—早侏罗世砂砾岩;2—早石炭世灰岩;3—晚泥盆世泥灰岩、灰岩;4—中泥盆世泥灰岩、白云岩;5—中泥盆世砂岩;6—花岗岩长岩;7—石英斑岩;8—花岗斑岩;9—夕卡岩;10—地质界线;11—向斜轴;12—背斜轴;13—断层及编号

矿区主要地层为石炭系,其中不透水层测水组砂页岩覆盖于主赋矿层位石磴子组灰岩之上,起隔档作用,有利于矿化富集,同时石磴子组地层受热力作用变质后,结晶颗粒增粗,裂隙增大,也有利于矿化富集。所以,它既是赋矿层位,又是成矿有利围岩。

矿床处于铜山岭复式向斜的西翼,铜山岭主岩体北缘拐弯地段。在主岩体北缘拐弯地段,断裂构造极为发育,其中北北东—北东组的压扭性构造和北西—北西西组的扭性构造是该区的控岩、控矿构造。在这2组构造交叉的三角地带,应力集中,与之平行的断裂发育,控制了该区分布于岩体拐弯的外接触带部位呈似层状覆盖于岩体之上的脉状、似层状矿体,同时亦是控制岩体呈“S”型的重要因素。

矿床主要形成于硫化物阶段,次为石英—硫化物阶段。主要矿床类型有正接触带铅锌银矿体和外接触带裂隙充填的脉状、似脉状铅锌银矿体。金属矿物主要有方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铜矿、银黝铜矿、深红银矿,次为白钨矿、毒砂、辉锑矿,脉石矿物有铁方解石、石英、白云石、次透辉石、白云母、绿泥石、石榴子石等。其中伴生银矿床具有工业价值。在含矿断裂附近和脉状、似脉状矿体边缘,常伴随有铁方解石化、硅化、白云石化、黄铁矿化等蚀变标志。

火成活动有燕山早期—中期的花岗岩闪长岩侵入,位于矿区东南部位,呈弧形弯曲,与成矿关系密切;燕山晚期的石英斑岩呈脉状侵入,零星分布在矿区北东部,与成矿无直接关系,因此,不同期次的岩

[收稿日期]2006-01-23; **[修订日期]**2006-04-18; **[责任编辑]**曲丽莉。

[作者简介]易 慧(1962年—),女,1986年毕业于冶金地质职工大学,获学士学位,工程师,现主要从事地球化学普查与地质找矿工作。

浆岩对成矿的贡献是不同的^[1,2]。

2 矿床地质地球化学背景

由于各地质体中微量元素的性质和所栖息的地球化学障不同,而表现出的地球化学行为各异,从而导致各地质体之间或同一地质体在三度空间上元素分配不均匀^[3]。

2.1 地球化学背景

根据矿区地层微量元素含量并与维氏克值相比,得到该区地层岩石中的浓度克值(*k*),将浓度克

值(*k*)按 $k < 0.5$ 、 $0.5 < k < 1.5$ 、 $1.5 < k < 2.5$ 、 $k > 2.5$ 对元素进行划分,并相应赋予贫化、正常、弱富集、富集含义,得到表1,由表1可知,如以 $k > 1.5$ 作为元素组合标志,则铜山岭矿田中微量元素组合为 Pb、Ag、W、Bi、Sb,这些元素在泥盆系棋梓桥组地层中浓度克值最大,其次为石炭系石碇子组地层;庵堂岭矿区微量元素组合为 Ag、Pb、W、Zn、Sn,这些元素石炭系石碇子组地层中元素浓度克值最高,说明此含矿地层中成矿元素 Ag、Pb、Zn 可能已达到初步富集。

表1 地层微量元素富集特征表

地 层	划分类型				
	富集($k > 2.5$)	弱富集($1.5 < k < 2.5$)	正常($0.5 < k < 1.5$)	贫化($k < 0.5$)	样数/个
C	W、Bi、Pb	Mo、Ag、Zn	Cu、Cr、Co	Sn、Ni	41
D _{3x}	Bi、Pb	W、Sn	Co	Mo、Ag、Cu、Zn、Ni、Cr	35
D _{3s}	W、Bi、Pb	Mo、Ag、Zn	Mo、Ag、Co	Sn、Cu、Zn、Ni、Cr	24
D _{2q}	Bi、Ag、Pb	W、Zn	Cr	Cu、Zn、Ni、Cr	27
D _{2t}	Bi、Ag、Pb	W、Sn	W、Sn、Cu、Zn、Cr、Co	Mo、Ni	30
庵堂岭矿区	W、Bi、Pb	Ag、Zn、Sn	Cu、Cr、Co	Mo、Ni	227
铜山岭矿田	W、Bi、Pb	Ag、Sb	Zn、Cu、Cr、Co	Mo、Sn、Ni	238
湘南	Bi、Pb	W、Sn、Ag、Zn	W、Sn、Ag、Cu、Zn、Ni、Cr、Co	Mo	1154

注:资料来源于湖南有色二四七队《湘南(汝一桂)地区分散流普查报告》,1996。

在花岗闪长岩中,成矿元素 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Sn、Bi、As 等在蚀变和未蚀变两类岩石中均高于维氏值,且 Cu、Pb、Zn、Ag、Mo 等元素在蚀变岩中含量比未蚀变岩石中含量高 3~5 倍,这一方面反映花岗闪长岩具备提供成矿物质的能力,另一方面反映蚀变有利成矿元素进一步富集。在单矿物黄铜矿中成矿元素含量高,而在单矿物黑云母中含量低,这表明成矿元素主要趋向于向硫化物相中富集。

断裂活动对微量元素迁聚分配的控制非常明显。在断层破碎带或由于岩层受挤压后沿层面发生层间滑动处,进行系统取样分析得出,Cu、Pb 含量均显著高于地层,出现明显的峰值。同时,铅锌矿物的含量变化自岩体—接触带—远离接触带,闪锌矿逐渐减少,方铅矿逐渐增多,这种分带现象表明不同的物化条件影响着铅锌的稳定性。

在铜山岭岩体北面接触带的铁锰帽中,进行地表原生晕取样分析,与矿区地层相比求得浓集系数(*k*),对浓集系数(*k*)进行划分得出不同浓集系数(*k*)区间内的元素组合特征(表2)。从中可以看出微量元素特别是成矿元素在其中的浓集系数都相当高,表明含矿铁锰帽中微量元素含量具有找矿指示意义,今后可加强对矿田铁锰帽的评价工作。

表2 铜山岭北区铁锰帽中元素组合特征表

浓集系数(<i>k</i>)	$k > 100$	$10 < k < 100$	$k < 10$
铁帽	Sn、Bi、As	Pb、Zn、W、Sb、Cd	Cu、Be、Ni、Co
锰帽	Bi、As、Cd	Pb、Zn、Sn、Sb	Cu、W、Be、Ni、Co

2.2 地球化学异常特征

水平分带特征:铜山岭矿田由岩体向外,矿化类型、矿物组合均具有明显的水平分带特征,该次在整个矿田范围内经系统的地球化学剖面工作,获得了元素组合在水平上的分带特征,综合成表3。由表3可知,由岩体向外,元素组合由高温元素组合 W、As、Mo、Cu—中高温元素组合 As、Mo、Cu、Pb、Zn—中温元素组合 Cu、Pb、Zn、As、Ag、Cd(W、Bi、Mo)—中低温元素组合 Pb、Zn、As、Sb、Ag—低温元素组合 As、Sb(Pb)变化,庵堂岭铅锌矿床则处在铜山岭矿田元素水平分带中的中带、中外带上,出现的是中温或中低温元素组合,这与该区的矿化类型一致。

轴向分带序列:由于庵堂岭铅锌矿床主要由岩浆热液形成,因此元素在垂向上分带十分明显,根据地表及钻孔原生晕取样分析结果,采用 C B 格里戈良法对矿体上元素分带序列进行了计算^[4],得到自上而下的微量元素分带序列为: Hg - Pb - As - Sb - Ni - Bi - Ag - Cd - Mn - Cr - Zn - W - Sn - Mo - Co - Cu。

表 3 铜山岭矿田元素组合水平分带特征表

分带		元素组合	指示元素与矿物	围岩	形成温度
内带	1	S、Fe、W、As、Mo、Cu	W、白钨矿	粗粒花岗闪长岩	高温
内中带	2	S、Fe、As、Mo、Cu、Pb、Zn	As、毒砂	细粒花岗闪长岩	中高温
中带	3	S、Fe、Cu、Pb、Zn、W、As、Bi、Mo、Sb、Ag、Cd	Cu、黄铜矿	灰岩、泥灰岩	中温
中外带	4	S、Fe、Pb、Zn、As、Sb、Ag	Pb、Zn、方铅矿、闪锌矿	灰岩、白云岩	中低温
外带	5	S、Fe、Sb、As、Pb	Sb、辉锑矿	泥灰岩、灰岩	低温

从分带序列可以看出,从上到下,元素总体由低温元素组合向高温元素组合变化,与典型热液矿床元素轴向分带序列一致,前缘晕元素为 Hg、As、Sb,矿上晕元素为 Bi、Ag、Cd、Mn、Zn(Pb),尾晕元素为 W、Sn、Mo、Co、Cu。在该分带序列中,Pb 排在序列的前面,表明矿体存在一定的剥蚀作用。

矿体原生晕特征:根据矿体原生晕剖面,矿体周围的原生晕发育,元素浓度带分带良好,且各浓度带的轴线方向与构造走向方向一致,浓集中心比较明显。浓度带的主浓集中心均偏向岩体方向,呈开放型,这说明成矿元素与岩体关系密切,且在运移和沉淀的过程中受构造的制约。同时,各元素的浓集中心自南向北 Cu - Sn - As - Sb - Pb - Zn 变化,自西向东 Sn - Cu - As - Sb - Pb - Zn 变化,晕的规模在空间上也相应变化,这说明含矿热液由岩体进入断裂系统后,成矿元素沿断裂由南向北运移并产生分带,而东西方向元素活动性相对较差。

2.3 成矿元素 Pb、Zn、Ag 的地球化学行为

Pb、Zn: 主要呈独立矿物方铅矿、闪锌矿出现。同时,也可以类质同象混入物的形式分别进入钾长石和黑云母矿物晶格中,但随着成岩成矿温度的降低,类质同象混入物发生分解,而以分子或原子分散的形式存在于各载体矿物内的空隙之中。在氧化环境和压应力的影响下,铅锌元素发生不同程度的分异。在表生条件下锌元素大量流失。

Ag: 大量资料表明,主要赋存在矿床的硫化物中,方铅矿中为 3100×10^{-6} ,黄铁矿中为 480×10^{-6} ,闪锌矿中为 80×10^{-6} ,磁黄铁矿中为 140×10^{-6} ,其中在方铅矿中含量最高。银在方铅矿中主要以银黝铜矿、深红银矿、柱硫锑铅银矿等独立矿物形式存在。银的独立矿物也将随着铅锌矿物的分异而分离,形成银的独立矿床,因此,具有良好的找银前景。类质同象及自然银在矿石中占有率极低。

3 矿质来源分析

3.1 硫同位素特征

矿区矿物硫同位素分布表(表 4),从中可以看出

硫同位素($\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$)值变化不大,在 $1.0\text{‰} \sim 3.1\text{‰}$ 之间,离散度小,呈塔式分布在零值正向附近,表明成矿流体中硫的来源比较稳定,且具深源岩浆特征^[5]。

表 4 庵堂岭矿区硫同位素分布

矿物名称	$\delta^{34}\text{S}/\text{‰}$	
	变化范围	均值
黄铜矿	2.6 ~ 3.8	3.1
方铅矿	1.0 ~ 2.6	1.7
闪锌矿	2.6 ~ 2.9	2.8
黄铁矿	2.6 ~ 2.9	2.8
磁黄铁矿	2.4 ~ 3.1	2.8

注:据铜山岭矿田专题报告归纳整理。

3.2 铅同位素特征

从表 5、图 2 可以看出,铜山岭矿床中铅同位素组成比较集中,且在一个较窄的范围内变化。但庵堂岭矿床样品中铅同位素变化大,说明铅以正常铅为主,并夹有围岩中异常铅的混染,同时其他各参数值也反映出铅具多种来源,表明铅除来自岩浆外,还可能部分来自地层。

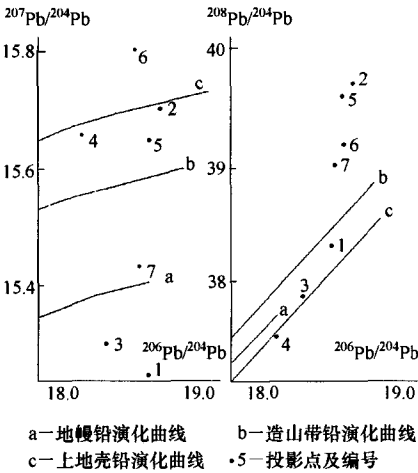


图 2 铜山岭矿田铅同位素示意图

3.3 单矿物均一测温结果

表 6 显示成矿温度主要在 $225^{\circ}\text{C} \sim 340^{\circ}\text{C}$ 间,属中温热液矿床范围内,这与矿床元素组合相一致。单矿物包体成分、成矿母岩、矿石、蚀变围岩的化学成分,显示成矿流体具岩浆期后热液特征。

表5 铜山岭矿田铅同位素组成表

顺序号	采样位置	铅同位素组成			特征值				
		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	U	W	K	U/Pb	Th/U
1	庵堂岭	18.51	15.25	38.28	8.82	33.49	3.8	0.147	3.68
2	庵堂岭	18.71	15.70	39.71	9.62	42.37	4.4	0.161	4.26
3	马力松	18.28	15.31	37.86	9.34	34.21	3.66	0.156	3.54
4	420坑	18.08	15.65	37.53	8.29	31.54	3.80	0.138	3.68
5	背350坑	18.62	15.65	39.62	9.45	41.05	4.3	0.159	4.23
6	护竹村	18.61	15.80	39.17	9.83	41.80	4.25	0.164	4.11
7	117/ck3	18.55	15.43	39.07	9.13	37.92	4.15	0.152	4.02
	变化范围	18.08~18.71	15.25~15.80	37.53~39.71	8.29~9.83	31.54~42.37	3.66~4.40	0.138~0.164	3.54~4.26
	平均值	18.48	15.54	38.75	9.21	37.48	4.05	0.154	3.93
	离差	0.21	0.20	0.80	0.48	4.1	0.27	0.01	0.27

注:前6个样组由宜昌所分析,后1个样由桂林所分析,综合有关资料而得。

表6 铜山岭矿田矿物测温结果表

矿物名称	测温结果	矿物名称	测温结果
粒状黄铁矿	275℃~359℃	方铅矿	225℃~280℃
闪锌矿	265℃~295℃	破碎带方解石	255℃~265℃
脉中方解石石榴子石	220℃~235℃	次透辉石	362℃~403℃
胶状黄铁矿	290℃~340℃		

注:样组由宜昌所分析。

综上所述,矿床成矿物质主要来源于深源同熔型中酸性花岗闪长岩,或隐伏岩体顶部,铅部分来自地层。热液主要为岩浆期后热液,矿床成因应与深源同熔型中酸性岩浆有关的中温热液矿床。

4 热液成矿作用的地球化学分析

富含 Ag、Pb、Zn、Mo、Cu 等元素的深源岩浆,沿深大断裂上升,途中同熔萃取了基底构造层中的 Ag、Pb、Zn、W、Sn 元素及碱质组分,经深部不完全分异演化后继续上升。在成岩的过程中,除部分成矿元素以类质同象形式进入矿物晶格外,同时,也分泌出一种高温、高压、高化学位、高矿化度、活性强的气水溶液,这种溶液上升到铜山岭复式向斜中的短轴背斜中,因受测水组砂页岩隔挡而集中于石碇子组灰岩中,进行物质交换,分散在围岩中的富集元素被带进溶液,并与先期存在于溶液中的成矿元素一起以络合物形式向上迁移,此时溶液温度和组分降低。在运移的过程中,与沿断层及层间裂隙下渗的大气降水及各方残余热液组成混合矿质水,活化地层各类岩石中的富集元素,并使之转入热液矿质水中,并在适当的地质空间中,形成有用的金属硫化物沉淀,如 $\text{Pb}^{2+} + \text{HS}^- \rightarrow \text{PbS} \downarrow + \text{H}^+$, $\text{Zn}^{2+} + \text{HS}^- \rightarrow \text{ZnS} \downarrow + \text{H}^+$, $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HS}^- \rightarrow \text{FeS}_2 \downarrow + 2\text{H}^+$, 随着 H^+ 增加及氧逸度上升,结晶出各种硫的高价化合物及硫盐矿物,热液成矿过程终止(图3)。

总之,矿床成矿具有多期多阶段叠加特点,由于元素的地球化学性质不同,热液性质的改变和围岩、构造的影响,造成元素在空间上的分带性,活动时间上的阶段性,构成矿区元素分带及成矿过程的复杂局面。

5 结 论

综合现有资料,初步得出如下几点认识:

1) 矿区赋矿地层中 Cu、Pb、Zn、Ag 等成矿元素已初步富集,侵入的花岗闪长岩体中 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 等成矿元素含量高,具有提供成矿物质的能力。断裂中的成矿元素也具明显富集特征。

2) 铜山岭矿田具有明显的水平分带(由岩体向外):由高温元素组合 W、As、Mo、Cu—中高温元素组合 As、Mo、Cu、Pb、Zn—中温元素组合 Cu、Pb、Zn、As、Ag、Cd(W、Bi、Mo)—中低温元素组合 Pb、Zn、As、Sb、Ag—低温元素组合 As、Sb(Pb)变化,该矿床则处于中温和中低温元素分带区中。矿床轴向分带明显,由地表往深处由 Hg—Pb—As—Sb—Ni—Bi—Ag—Cd—Mn—Cr—Zn—W—Sn—Mo—Co—Cu,前缘晕元素为 Hg、As、Sb,矿上晕元素为 Bi、Ag、Cd、Mn、Zn(Pb),尾晕元素为 W、Sn、Mo、Co、Cu。矿床(体)原生晕显示异常具有明显的浓集性、分带性,并显示与岩体和构造密切关系^[6]。

3) 硫、铅同位素资料显示成矿物质主要来源于深源花岗闪长岩浆,热液主要为岩浆期后热液,矿床成因属与深源中酸性岩浆有关的中温热液矿床。

4) 鉴于岩浆岩、构造对成矿具有明显的控制作用,应在该区开展对岩体侵位的再认识、隐伏岩体的探测和构造性质的鉴别工作,注意对地表铁锰帽的评价,同时由于 Ag 与 Pb 的密切相关,可重视独立银矿的查找。

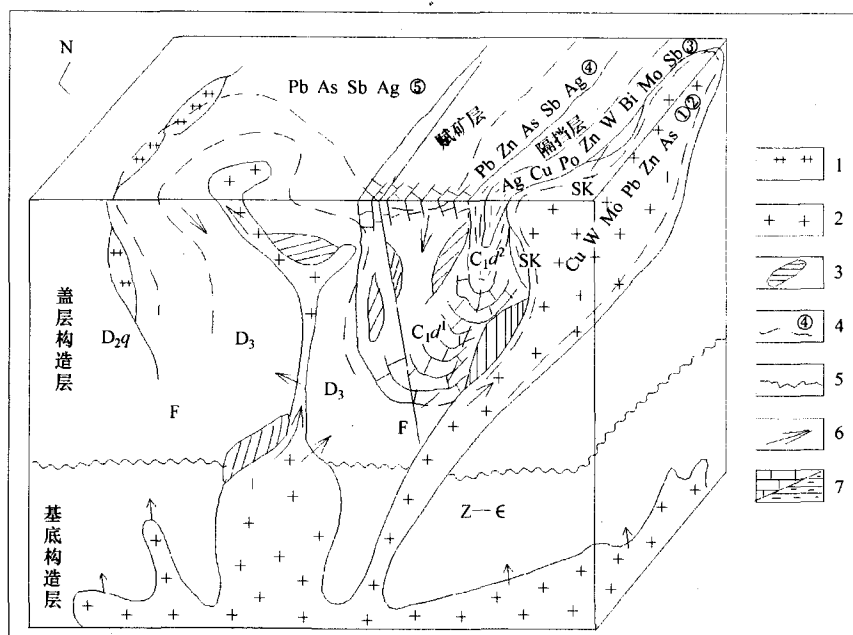


图3 庵堂岭矿区成矿模式图

SK—夕卡岩;F—断层;1—花岗斑岩;2—花岗闪长岩;3—矿体;4—地化分带及带号;5—不整合界线;6—热液流动方向;7—灰岩/页岩

[参考文献]

- [1] 刘益康. 矿产勘查对比研究[J]. 地质与勘探, 1997, 33(2): 1-7.
- [2] 潘家永, 马东升. 热液矿床成矿元素地球化学异常探讨[J]. 地质与勘探, 2002, 40(6): 10-12.
- [3] 陈强春, 钟九思. 湖南省内生金属矿产成矿地质特征及找矿方向[A]. 2005年湖南地学新进展[C]. 长沙: 湖南地图出版社, 2005: 105-111.
- [4] 潘勇飞. 确定原生晕分带序列的计算[J]. 地质与勘探, 1983, 19(7): 63-67.
- [5] 刘敦一. 中国最老陆壳同位素年龄[J]. 中国地质, 1990(6): 29-31.
- [6] 凌水成. 湖南锡矿山锑矿田地质地球化学特征及矿床成因研究[J]. 中南矿冶学院学报, 1994, 25(1): 54-59.
- [7] 邓诗锴. 湘南锡铅锌多金属隐伏矿床预测研究[J]. 地质科研成果汇编, 1990, 3(2): 185-190.
- [8] 龚一鸣. 湘西南早一中泥盆世碎屑岩地层岩相及古地理[J]. 湖南地质, 1985, 4(12): 26-30.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ANTANGLING LEAD - ZINC DEPOSIT IN THE TONGSHANLING OREFIELD

YI hui¹, XU Su - yun²

(1. No. 247 Team, Hunan Bureau of Nonferrous Metal Geological Exploration, Changsha 410129;

2. Institute of East China Nonferrous Metals Geological Exploration Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210007)

Abstract: Tongshanling orefield is one of polymetallic ore deposits in the south of Hunan. Antangling Pb - Zn deposit is located in the north of Tongshanling orefield. Results of ore deposit geochemistry and geochemical anomaly show that mineralizing elements with obvious zonation in space are related intimately with intrusive bodies, and controlled by structure during migration and precipitation. Sulfur and lead isotope analyses suggested that ore-forming materials came from deep source magmatic fluids. Genesis of the deposit belongs to medium temperature hydrothermal fluid type related with deep-origin intermediate to acidic magma.

Key words: ore-forming element, geochemical characteristics, hydrothermal mineralization, Antangling lead - zinc deposit