福建浦城-三都澳铜金银多金属 成矿带成矿地球化学研究

姜耀辉 陈鹤年 巫全淮 马承安 陈世忠* (南京地质矿产研究所) (宁德地质大队)

内容提要本文较系统地研究了成矿元素及微量元素,稀土元素和铅、硫、氢、氧同位素等 成矿地球化学特征。研究结果表明,研究区内成矿物质来源是多方面的,成矿过程中的介质水在 成矿主要阶段是大气降水与再平衡岩浆水的混合,在成矿晚期则主要来自大气降水,成矿是多 阶段的,可依据各阶段的矿化程度来确定今后应侧重的矿种。

关键词 成矿地球化学 浦城一三都澳

0 概况

浦城一三都澳铜金银多金属成矿带横贯福建省北部,系由程家洋、香炉山、东坑、松溪等 白垩纪火山盆地和燕山晚期酸性一中酸性小岩体及断裂群组成的北西向构造带,北西方向 延伸至江西省,东南延至东海。中生代晚期,该区岩浆侵入及火山喷发活动极为强烈,酸性一 中酸性小侵入体、斑岩体发育。该北西向构造带与三条北东向断裂带交汇,自西向东,与崇安 一石城断裂带交汇于浦城一崇安一带,以发育混合岩、中性侵入岩和火山岩、次火山岩为特 征;与政和一大埔断裂带交汇于政和、松溪一带,形成绿片岩一高绿片岩相变质带,并上叠有 侏罗一白垩纪火山盆地;与福安一南靖深断裂带交汇于周宁、福安、宁德一带,为燕山晚期岩 浆侵入与火山喷发最强烈的地段。这三个交汇部位均为铜金银多金属矿床(点)密集区、构成 福建省内较为重要的铜金银多金属成矿带。本文从成矿元素和微量元素,稀土元素以及铅、 硫、氢、氧同位素等方面对区内成矿地球化学特征进行了研究,旨在确定成矿物质来源,继而 探讨成矿作用机理。

1 成矿元素及微量元素地球化学特征

对区内7个矿区横穿矿体典型剖面的成矿元素及部分微量元素进行了含量、相关性和

• 定向基金资助项目

收稿日期:1994-01-31;改回日期:94-03-01;季绍新编辑。

第一作者简介:姜耀辉,男,30岁,大学本科,矿床地质专业,助理研究员,曾发表《广东和平上陵膨润土矿床地质 特征及成因》等论文 因子分析等方面的研究,结果表明,Ag与Cu、Pb、Zn以及Cu、Pb、Zn间,As与Sb,Bi与Hg的 相关关系都很显著,说明上述元素之间在整个区域成矿过程中都有着相似的地球化学行为 和活化、迁移、沉淀的途径,Au除了同As(Sb)有着较为密切的关系外,同Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、 Hg等其它元素的关系都不很明显,且大多呈负相关关系;通过元素因子分析不难发现,研究 区内成矿物质至少有两大来源,即中生代火山-侵入岩源和火山岩系基底变质岩源,福安-南靖断裂以东,成矿物质Ag、Cu、Pb、Zn主要来源于火山-侵入岩,Au可能有别的来源,福 安-南靖断裂以西,Au则主要来源于基底变质岩系,Pb主要来自火山-侵入岩系,Ag与 Cu、Zn则部分来自基底变质岩系,部分来源于火山-侵入岩系;成矿作用至少有两个以上成 矿阶段,它们之间在多数矿区没有内在的成因联系。同时,因子分析还为今后应侧重的矿种 提供了信息。例如,通过对小坑矿区23个样品6个变量进行因子分析(表1)后得出,Au,As 与Ag、Cu、Pb、Zn 有着不同的物质来源,结合地质情况,即前者可能主要来自火山岩系基底

元素	F ₁	F2	F ₃				
Au	0. 3349	0. 9193	- 0. 1808				
Ag	0. 9391	- 0. 0607	- 0. 1876				
Cu	0. 9245	0. 0535	- 0. 2666				
Pb	0. 9342	- 0. 1962	- 0. 0812				
Zn	0. 9054	0. 1499	0. 1050				
As	0. 6238	0. 1887	0. 7437				
方差贡献	3. 9308	0. 9484	0. 7097				
方差贡献累计%	65.51	81. 32	93. 15				

表 1 小坑初始因子载荷矩阵

地层,后者则主要来自中生代火山-侵入岩。矿化有三个阶段,即Ag、Cu、Pb、Zn 矿化阶段、 Au 矿化阶段和 As 伴随少量 Zn 矿化阶段,以前者矿化最强。三个矿化阶段除 Ag、Cu、Pb、Zn 矿化与 As(Zn)矿化有一定联系(v=-0.514)外,而与 Au 矿化阶段没有明显的关系。以 Ag、 Cu、Pb、Zn 为主要矿化阶段(矿化最强)的信息提示我们,今后找矿突破口应放在 Ag 矿种上。 再如,表 2 是我们新发现的政和大红铅锌矿点 14 个样品 4 个变量的因子分析结果,从中可 以看出,Cu、Pb、Zn 和 Ag 有着不同的物质来源,矿化可分为三个阶段,即 Pb、Zn、Cu 和 Ag 矿 化阶段,从其特征值来看,三个矿化阶段的矿化程度差不多,以 Pb、Zn 阶段稍为高一些,加 上本矿点 Pb、Zn 的含量较高,加权平均值 Pb+Zn>4%,因此,可望通过进一步普查勘探、争 取 Cu、Ag 矿的突破。

2 稀土元素地球化学特征

表 3 是区内部分矿床(点)矿石及其相关岩体(或火山岩)的稀土组成和特征值。图 1 是 其球粒硕石标准化分布模型。从中可以看出:

元 素	F, .	F2	F3				
Cu	0.0526	0. 9899	0.0064				
Рь	0.8765	0. 1738	0. 3376				
Zu	0.9059	- 0. 2440	0.1498				
Ag	-0.5008	- 0. 0330	0.8627				
方差贡献	1.8427	1. 07 09	. 0.8809				
方差贡献累计%	46.06	72. 84	94.86				
正交因子 元 素	F1	F ₂	F3				
Cu	0. 0107	0. 9910	- 0. 0258				
Рь	0. 9309	0. 2114	- 0. 0364				
Zu	0. 9010	0. 2100 .	- 0. 2159				
Ag	-0.1198	- 0. 0269	0. 9905				
方差贡献	1.6930	1.0716	1. 0298				

表 2 大红初始因子及正交因子载荷矩阵 Table 2 The matrix of original factors of Dahone

(1)研究区上述矿床(点)中除夏山铅锌矿床比较特殊外,其余矿床(点),不论其矿体是 赋存于火山岩系基底地层中还是赋存于火山岩系本身,不论其是金、银矿床(点),还是铜、 铅、锌矿床(点),其矿石与其相关岩体或火山岩的稀土模型均非常相似,都为向右倾斜的轻 稀土富集型,并且都有不同程度的 Ce、Eu 亏损。矿石同岩体或火山岩稀土模型的相似性表 明了稀土元素连同成矿物质同相应岩体或火山岩的密切关系。

(2)矿石中稀土比其相关岩体或火山岩明显亏损,铅锌矿石中的稀土亏损得更多,一般 只有岩体或火山岩的 1/10,甚至更少。

(3)夏山铅锌矿床中除元素 Eu 特殊外,即与成矿有关的花岗岩体比研究区内其它岩体 明显亏损 Eu, δEu 为 0.048,而铅锌矿石则特别富集 Eu,两矿石的 δEu 分别为 12.22 和4.52, 其余稀土元素都表现为矿石相似于岩体,且靠近花岗岩体矿石(1 号采场)中的稀土总量比 远离花岗岩体矿石(2 号采场)中的稀土总量要高,这两点表明丁矿石中稀土元素连同成矿 物质同花岗岩体的密切关系,而 Eu 正异常的出现可能基于下列原因:

花岗岩体侵入成矿(成砂卡岩化)过程中造成岩石的贫化和矿石的富化。这是因为 Eu 具有二价(离子半径为 1.09Å)和三价形式而不同于其它稀土元素,在自然条件下,Eu 可以 部分地从其它稀土元素中分离出来,代替 Ca(离子半径为 0.99Å)而参与到普通造岩矿物 中,特别是斜长石中,也可能随热液迁移而富集到其它环境产物中,从而造成在花岗岩中的 贫化。研究资料还表明,Eu 的分配系数在磷灰石、角闪石、斜长石、石榴石等矿物中最大,夏 山矿床矿石中正好含有上述闪石类矿物、斜长石、石榴石等 Eu 的大分配系数矿物,从而造 成 Eu 在矿石中的富集及花岗岩的贫化。如果把矿石中的稀土含量加到花岗岩体中,则算出 的 δEu 为 0.89,与区域花岗岩体相类似。

表 3 研究区部分矿床(点)矿石及其相关岩体或火山岩的稀土组成和特征值

 Table 3
 The REE contents and the characteristic values of ores and related intrusive or volcanic rocks in the part of deposits (points) of discussed area

	V	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	ТЪ	Dy	Но	Er
#		17.2	98.6	9, 95	42.1	8.17	2.01	7,13	1.07	5.10	1.02	2 72
馮	凝灰熔岩(2)	48.35	92.5	7.78	31.25	5.735	0. 905	5.06	0. 835	4.2	0. 86	2. 575
 	银矿石(官司)(3)	13.2	26.4	2.78	9.01	1.80	0.19	1.68	0.33	1.76	0.40	1.25
Ē	银矿石(芹選)(4)	21.7	37.9	2. 98	12.2	2.05	0. 39	1.61	0. 29	1. 29	0. 28	0. 85
Ħ	船锌矿石(1)	8.00	10.7	1.27	4.09	1.05	0. 25	1.67	0. 26	1.79	0.32	0.91
봇	石英二长斑岩(2)	37.3	73. 3	7.35	27.7	5.09	0. 63	4.64	0. 81	4462	0.96	2. 94
	铅锌矿石(1号采场)(1)	2.59	5.05	0.68	2. 33	0.58	2. 33	0.72	0.11	0. 81	0.16	0.53
夏山	铅锌矿石(2号采场)(2)	0. 79	1.55	0. 23	0.64	0.11	0.16	0. 13	0. 018	0. 11	0. 022	0. 059
	花岗岩(3)	50.8	109	12.3	44.5	9. 46	0.13	8.36	1. 47	8.15	1.64	4. 98
打胡	铅锌矿石(1)	3.03	6.61	0. 58	2.21	0.37	0. 025	0.34	0.046	0. 2 5	0. 049	0.15
城	花岗斑岩(2)	36.0	64.8	5. 29	19.0	3.04	0. 29	2.44	0. 45	2. 42	0.56	1.85
챥	熔结凝灰岩(1)	12.3	23.8	4.57	15.1	4.46	0. 37	5.32	1. 02	5.96	1.18	3.70
埂	含金石英脉(2)	1.84	4. 38	0. 82	1.53	1.08	0. 13	1. 02	0. 076	0. 26	0. 038	0. 13
银	铅锌矿石(1)	4. 45	7.77	1. 03	3. 86	0.62	0.15	0.61	0. 081	0.52	0. 12	0. 35
场	花岗岩(2)	51.4	107	10.6	41.4	7.53	1. 39	5. 98	0. 99	4.9	1.02	2.85
管	凝灰熔岩(1)	27.6	56.1	6. 29	22. 7	4. 84	0. 43	4.80	0. 88	5.51	1.14	3. 44
查 	領矿石(2)	17.9	41. 1	4.64	17.8	3. 59	0. 24	3.59	0.62	3. 51	0. 72	2.07
₩ Z												
	5 K	Tm	УЪ	Lu	ΣRE	E L H	REE REE	La Sm	La Yb	Sm Nd	ðΕu	ðCe
芹	₩ び び び (1) *	Tm 0.42	Ү Ь 2. 44	Lu 0. 36	ΣRE 228. 2	e H H 29 1	REE REE 0. 27	La Sm 5. 78	<u>і.я</u> Ув 19. 34	Sm Nd 0. 19	AE u 0. 86	8Се 0. 91
芹選ー	矿区 内长玢岩(1) * 凝灰熔岩(2)	Tm 0. 42 0. 435	ҮЪ 2. 44 2. 75	Lu 0. 36 0. 405	ΣRE 228. 2 203. 6	E H 29 1 34 1	REE REE 0. 27 0. 89	La Sm 5. 78 8. 43	La Yb 19.34 17.58	Sm Nd 0. 19 0. 18	AEu 0. 86 0. 55	ðCe 0. 91 0. 91
芹浜ー官司	矿区 内长玢岩(1) * 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3)	Tm 0. 42 0. 435 0. 23	Ү Ь 2. 44 2. 75 1. 49	Lu 0. 36 0. 405 0. 23	ΣRE 228. 2 203. 6 60. 7	E H 29 1 54 1 5 7	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33	La Yb 19.34 17.58 8.86	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20	AEu 0. 86 0. 55 0. 36	ðCe 0. 91 0. 91 0. 87
芹溪—官司	矿区 内长玢岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹漢)(4)	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15	Ү Ь 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89	Lu 0.36 0.405 0.23 0.14	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7	E H 29 1 34 1 5 7 2 1	REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59	La Yb 19.34 17.58 8.86 24.38	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69	&Ce 0. 91 0. 91 0. 87 0. 87
芹溪——官司 漢	 デ区 内长玢岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹滉)(4) 铅锌矿石(1) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17	Yb 2.44 2.75 1.49 0.89 0.59	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1	E H 29 1 34 1 5 7 2 1 4 4	REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62	La Yb 19.34 17.58 8.86 24.38 13.56	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644	ðCe 0. 91 0. 91 0. 87 0. 87 0. 64
芹 [[]	 ず区 内长玢岩(1) * 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹漢)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2)	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53	Yb 2.44 2.75 1.49 0.89 0.59 3.16	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44	ΣRE 228.2 203.6 60.7 82.7 31.1 169.4	E E H 29 1 34 1 5 7 2 1 4 4 4 4 17 8	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427	&Ce 0. 91 0. 91 0. 87 0. 87 0. 64 0. 88
芹溪—官司 潭头	 ず区 内长玢岩(1)* 廃灰熔岩(2) 银ず石(官司)(3) 银ず石(芹婆)(4) 铅锌ず石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌ず石(1 号采场)(1) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5	$ E \frac{L}{H} 29 1 34 1 5 7 2 1 4 4 4 7 8 8 4 $	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36 . 484	La Sm 5.78 8.43 7.33 10.59 7.62 7.33 4.47	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22	8Ce 0. 91 0. 91 0. 87 0. 87 0. 64 0. 88 0. 78
芹溪——官司 河洋头 夏山	 デ区 内长玢岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹滉)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1号采场)(1) 铅锌矿石(2号采场)(2) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011	Yb 2.44 2.75 1.49 0.89 0.59 3.16 0.59 0.15	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05	E I 129 1 154 1 15 7 2 1 14 4 17 8 18 4 16 6	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36 1. 36 1. 484 5. 13	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52	&Ce 0. 91 0. 91 0. 87 0. 64 0. 88 0. 78 0. 75
芹溪——官司 河洋头 夏山	ず区 内长玢岩(1) * 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹漢)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1号采场)(1) 铅锌矿石(2号采场)(2) 花岗岩(3)	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80	Yb 2.44 2.75 1.49 0.59 3.16 0.59 0.15 4.94	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1	E H H 29 1 54 1 5 7 2 1 4 4 4 4 17 8 8 4 5 6 8	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36 1. 36 1. 484 5. 13 7. 3	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17 0. 21	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048	aCe 0. 91 0. 87 0. 64 0. 88 0. 78 0. 75
芹溪—官司 渾头 夏山 打银	 ず区 内长玢岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银ず石(官司)(3) 银ず石(芹滉)(4) 铅锌ず石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌ず石(1号采场)(1) 铅锌ず石(2号采场)(2) 花岗岩(3) 名梓ず石(1) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009	Yb 2.44 2.75 1.49 0.89 0.59 3.16 0.59 0.15 4.94 0.13	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81	E H H 29 1 5 7 2 1 4 4 4 4 17 8 8 4 5 6 8 - 7 1	REE REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36 1. 36 1. 33 2. 3	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 17 0. 25 0. 17 0. 21 0. 17	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232	&Ce 0.91 0.87 0.64 0.78 0.75 0.89
芹溪—官司 渾头 夏山 打银坑	 矿区 风长玢岩(1) * 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(广建)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1号采场)(1) 铅锌矿石(2号采场)(2) 花岗岩(3) 铅锌矿石(1) 花岗岩(2) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59 0. 15 4. 94 0. 13 2. 26	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1	E H F 29 1 54 1 5 7 2 1 4 4 4 4 5 6 8 4 5 6 8 4 5 6 8 4 5 7 1 3 1	REE REE 0. 27 0. 89 24 4. 04 . 39 . 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93	Sm Nd 0. 19 0. 20 0. 17 0. 26 0. 17 0. 25 0. 17 0. 21 0. 17 0. 16	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34	aCe 0. 91 0. 87 0. 64 0. 78 0. 75 0. 89 0. 91
芹溪—官司 渾头 夏山 打银坑大丘	 矿区 内长玢岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(广媒)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1 号采场)(1) 铅锌矿石(2 号采场)(2) 花岗岩(3) 塔站覆灰岩(1) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38 0. 61	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59 0. 15 4. 94 0. 13 2. 26 3. 64	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35 0. 51	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1 82. 5	$ E \frac{L}{H} 29 1 34 1 5 7 2 1 4 4 4 17 8 8 4 5 6 8 7 1 $	REE 0. 27 0. 89 7. 24 4. 04 1. 39 1. 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99 76	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84 2. 76	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93 3. 38	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17 0. 21 0. 17 0. 16 0. 295	AEu 0. 86 0. 55 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34 0. 257	&Ce 0.91 0.87 0.64 0.78 0.75 0.89 0.988 0.988 0.988 0.988
芹旗——官司 河洋头 夏山 打银坑大丘埂	 矿区 内长玢岩(1)* <i>展灰熔岩</i>(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(广建)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1号采场)(1) 铅锌矿石(2号采场)(2) 花岗岩(3) 俗锌矿石(1) 花岗岩(2) 塔结斑斑岩(2) 房结斑斑岩(2) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38 0. 61 0. 013	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59 0. 15 4. 94 0. 13 2. 26 3. 64 0. 12	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35 0. 51 0. 016	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1 82. 5 11. 4	E I 29 1 54 1 55 7 2 1 4 4 4 4 5 6 .8 4 .7 1 .3 1 4 2 5 5	REE REE 0. 27 0. 89 2. 24 4. 04 39 3. 36 . 484 39 . 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99 . 76 . 85	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84 2. 76 1. 70	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93 3. 38 15. 33	Sm Nd 0. 19 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 21 0. 21 0. 16 0. 295 0. 706	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34 0. 257 0. 41	aCc 0. 91 0. 87 0. 87 0. 64 0. 78 0. 75 0. 89 0. 91 0. 75 0. 93 0. 94
芹溪——官司 河洋头 夏山 打银坑大丘埂 银		Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38 0. 61 0. 013 0. 11	Yb 2.44 2.75 1.49 0.89 0.59 3.16 0.59 0.15 4.94 0.13 2.26 3.64 0.12 0.32	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35 0. 51 0. 016 0. 045	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1 82. 5 11. 4 19. 53	$ \begin{array}{c cccccccccccccccccccccccccccccccc$	REE REE 0. 27 0. 89 24 4. 04 . 39 . 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99 . 76 . 85 . 06	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84 2. 76 1. 70 7. 18	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93 3. 38 15. 33 13. 91	Sm Nd 0. 19 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 21 0. 17 0. 17 0. 17 0. 17 0. 18	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34 0. 257 0. 41 0. 81	aCe 0.91 0.87 0.64 0.78 0.75 0.89 0.988 0.75 0.98 0.98 0.75
芹ز以——官司一道"""来一夏"山 打银状,大丘埂 银场	 F区 内长玢岩(1)* <i>展</i>灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(广縄)(4) 铅锌可石(1) 石英二长斑岩(2) 船锌可石(1号采场)(1) 铅锌可石(2号采场)(2) 花岗岩(3) 俗锌可石(1) 花岗斑岩(2) 烙柱可石(1) 在岗斑岩(2) 名特形可石(1) 在岗斑岩(2) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38 0. 61 0. 013 0. 11 0. 47	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59 0. 15 4. 94 0. 13 2. 26 3. 64 0. 12 0. 32 2. 57	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35 0. 51 0. 016 0. 045 0. 34	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1 82. 5 11. 4 19. 53 238. 4	E I 29 1 54 1 5 7 2 1 4 4 4 4 5 6 .8 4 .7 1 .3 1 4 2 5 5 .6 8 .4 1	REE REE 0. 27 0. 89 2. 24 4. 04 . 39 . 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99 . 76 . 85 . 06 1. 47	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84 2. 76 1. 70 7. 18 6. 83	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93 3. 38 15. 33 13. 91 20	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17 0. 26 0. 18 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 25 0. 17 0. 21 0. 16 0. 295 0. 706 0. 18 0. 18	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 614 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34 0. 257 0. 411 0. 811 0. 67	aCc 0. 91 0. 87 0. 64 0. 78 0. 75 0. 89 0. 91 0. 75 0. 91 0. 75 0. 98 0. 74
芹溪——官司 河洋头 夏山 打银坑大丘埂 银场 管门	 デ区 内长労岩(1)* 凝灰熔岩(2) 银矿石(官司)(3) 银矿石(芹滉)(4) 铅锌矿石(1) 石英二长斑岩(2) 铅锌矿石(1号采场)(1) 铅锌矿石(2号采场)(2) 花岗荒省(3) 铅锌矿石(1) 花岗荒岩(2) 熔结凝灰岩(1) 含金石英脉(2) 铅锌矿石(1) 花岗岩(2) 花岗岩(2) 花岗岩(2) 	Tm 0. 42 0. 435 0. 23 0. 15 0. 17 0. 53 0. 024 0. 011 0. 80 0. 009 0. 38 0. 61 0. 013 0. 11 0. 47 0. 55	Yb 2. 44 2. 75 1. 49 0. 89 0. 59 3. 16 0. 59 0. 15 4. 94 0. 13 2. 26 3. 64 0. 12 0. 32 2. 57 3. 71	Lu 0. 36 0. 405 0. 23 0. 14 0. 067 0. 44 0. 08 0. 032 0. 65 0. 018 0. 35 0. 51 0. 045 0. 34 0. 51	ERE 228. 2 203. 6 60. 7 82. 7 31. 1 169. 4 16. 5 4. 05 257. 1 13. 81 139. 1 82. 5 11. 4 19. 53 238. 4 138. 5	E I 29 1 54 1 5 7 2 1 4 4 4 4 6 6 8 4 5 6 8 4 2 1 4 2 5 5 5 5 5 5 6 8 14 1 51 5	REE REE 0. 27 0. 89 24 4. 04 . 39 . 36 . 484 . 13 7. 3 2. 3 1. 99 . 76 . 85 . 06 1. 47 . 74	La Sm 5. 78 8. 43 7. 33 10. 59 7. 62 7. 33 4. 47 7. 18 5. 37 8. 19 11. 84 2. 76 1. 70 7. 18 6. 83 5. 70	La Yb 19. 34 17. 58 8. 86 24. 38 13. 56 11. 80 4. 39 5. 23 10. 28 23. 31 15. 93 3. 38 15. 33 13. 91 20 7. 44	Sm Nd 0. 19 0. 18' 0. 20 0. 17' 0. 26 0. 18' 0. 25 0. 17' 0. 21 0. 17' 0. 16 0. 295 0. 706 0. 18 0. 18 0. 21	AEu 0. 86 0. 55 0. 36 0. 69 0. 644 0. 427 12. 22 4. 52 0. 048 0. 232 0. 34 0. 257 0. 411 0. 811 0. 67 0. 297	&Cc 0.91 0.87 0.64 0.78 0.75 0.89 0.988 0.75 0.98 0.98 0.98 0.98 0.89 0.88 0.89 0.88 0.88 0.88 0.88 0.88 0.88 0.86

*括号内数字对应于稀土曲线



综上所述,夏山矿区矿石中的稀土元素不论是 Eu 还是其它元素都来自花岗岩体,同时 也显示了成矿物质同该岩体的密切关系。

(4) 铕和铈常具有特殊价态 Eu²⁺和 Ce⁴⁺, 打,态的变化是成岩成矿条件的良好指示剂。 国外研究资料表明, Eu 的明显负异常是低氧逸度环境造成的, 而 Ce 的负异常则说明产生含 矿流体环境的氧逸度高。由此可见,本研究区内夏山、潭头、银场等矿床(点)形成的氧逸度相 对较高。

3 同位素地球化学特征

3.1 铅同位素 表 4 是研究区部分矿床(点)的铅同位素组成及特征值,从中可以看出,这些矿床(点)的铅同位素组成比较稳定,变化范围<1%;同位素比值分布在 u 值为 8.686-9.238 增长线范围内;此外,在卡农(1960 年)三角座标图中,上述同位素组成均落在小三角范围内。因此,研究区上述矿床(点)中的铅均为单阶段增长的正常普通铅。按单阶段演化模式,用H-H法(查多伊计算表)得出的铅矿物年龄如表 4 所示。

表 4 研究区部分矿床(点)铅同位素组成及特征值

Table 4 Lead isotopic compositions and characteristic values in the part of deposits (points) of discussed area

8° X	样号	测定对象	206Pb/204Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ РЬ/204РЬ	Φ值	年齢 Ma	μ
	ZQ -1	隐爆角砾岩	18. 266	15. 498	38. 310	0. 58328	167	8.825
芹	ZQ2-2(2)	次生石英岩	18. 462	15.632	38.717	0. 58549	193	8. 934
误 	ZQ304-9	银矿石	18. 467	15.641	38.774	0.58617	2 00	8.934
目司	ZQ 701-2	方铅矿	18. 447	15.623	38. 673	0. 58546	193	8.931
	ZG-7	蚀变凝灰熔岩	18. 421	15. 590	38. 591	0. 58346	170	8.90
大丘埂	JD-4	含金石英脉	18. 383	15. 568	38.552	0. 58348	170	8.90
 , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Jb-3	矿化凝灰岩	18. 365	15.568	38. 455	0.58467	183	8. 87
日仁石	J b-6	矿化凝灰岩	18.408	15.603	38. 544	0.58578	197	8. 931
	JX - 5	矿化凝灰岩	18. 394	15. 585	38. 425	0. 58467	183	8. 87
小坑	JX -7	方铅矿	18.375	15. 584	38. 468	0.58582	197	8.86
夏山	ZX -2	方铅矿	18.476	15.626	38.653	0. 58389	175	8.935
大红	DH-7	方铅矿	18.465	15.647	38.685	0.58697	209	8.934
管査	GG-4	方铅矿	18.018	15. 570	38. 386	0. 60889	443	8.82

夏山铅锌矿床的模式年龄为 175Ma,结合福建省地科所资料(夏山矿区所采 13 件铅同 位素样品均为正常铅, Φ 值年龄为 197.4-94.4Ma)认为,该矿区矿体虽赋存于震旦系变质 岩中,但成矿是在燕山期进行的,铅源于该期花岗(斑)岩体(铜盆庵岩体及各种脉岩)。夏山 矿区外围的政和庙后(2 件铅均为正常铅, Φ 值年龄 138Ma±,福建地科所)、桃坑(2 件铅均 为正常铅, Φ 值年龄 178.4-184.3Ma,福建省地科所)以及这次我们新发现的大红铅锌矿点 (Φ 值年龄 209Ma),其矿体也都产于震旦系变质岩中,但成矿也是与燕山期岩体有关,铅源 于该期岩体。

表4中所列浦城管查方铅矿样品(GG-4)采于该矿区赋存于麻源群地层中的南矿段矿体,Φ值年龄(443Ma)表明,矿体形成于加里东期,铅源于加里东期白云母花岗岩,因此综合考虑该矿区矿床特征(矿体分南北两矿段,南矿段矿体位于麻源群地层中,矿石以铅锌为主、铜次之,北矿段产于南园组晶屑凝灰岩中,矿石以铜为主,仅含少量铅锌)认为,该矿床至少

有两个成矿期,一是在加里东期形成了以铅锌为主的赋存于麻源群地层中的矿体,二是在燕山(早)期形成了主要位于南园组火山岩中的铜矿体,早先形成的铅锌矿体中也有铜的叠加。

据前人资料,屏南泮地铅锌矿体中两个样品的 Φ 值年龄为 493.23Ma 和 252.53Ma, 矿 体形成于加里东和海西期,结合硫同位素资料(详后),认为铅也源于同期侵入岩体。

从表 4 中所列 Φ 值年龄可以看出,研究区内其它矿床(点)(芹溪 – 官司、大丘埂,白仁 岩、小坑)的矿体都是在燕山期形成的,矿体赋存于南园组火山岩中,铅源于燕山期火山岩或 同期侵入岩。



图 2 铅构造模式图 Fig. 2 The diagram of lead structure model 1-芹溪-官司:2-大丘埂:3-白仁岩:4-小坑:5-夏山:6-大红:7-管査

在铅构造模式图(图 2)上,除芹溪-官司一个样品外,其余样品均分布于造山带铅曲线 附近,这表明上述矿床(点)中的铅源于造山带物质(壳幔混合源)。芹溪-官司 ZQ-1样品 点落在地幔铅曲线上,说明该样品中的铅源于地幔,结合地质情况分析,由于该样品采集于 近地表处的隐爆角砾岩体中,因而说明隐爆角砾岩体之下存在有中酸性斑岩体,这对于富矿 体的形成是非常有利的,也为今后进一步普查勘探指明了方向。

3.2 硫同位素

3.2.1 硫同位素组成 表 5 是研究区部分矿床(点)的硫同位素组成。从中可以看出,尽管 不同类型或同一类型不同矿床以及不同硫化物矿物的硫同位素组成均有所差异,但整个研 究区硫化物的 δS³¹变化不大,大多为接近零值的正值。大多数矿床共生矿物的硫同位素表现 为 δS³¹/> δS³¹/> δS³¹/> δS³¹/> λS³¹/> λS³¹/> δS³¹/> λS³¹/> δS³¹/> δS³¹/₂ δS³¹/2 δ³¹/2 δ³¹/2 δ³¹/2 δ³¹/2 δ³¹/2

矿床(点)	样品原号	测定对象	₫\$ ³⁴ (%;)	₫\$<u>₩</u>(%;)
+	ZQ 701-2	方铅矿(脉状)	3.60	6.3
斤误一官司	ZQ2-3	黄铁矿(浸染状)	2. 67	1.57
	FT1- 0	黄铁矿(脉状)	5. 52	4. 22
铜坑里	FT ₁ -1-2	黄铁矿(浸染状)	4. 61	2.91
九曲岭	NG-14	黄铁矿	3. 20	2.10
Sale rati	30,34	闪锌矿	2. 24-3. 04	1.71
拜地	30,34	方铅矿	-6.781.67	1.71
	ZX -2(1)	闪锌矿(Ⅳ阶段)	5. 02	4. 52
夏山	ZX -2(2)	方铅矿(∎阶段)	3.14	4. 52
	XSL₅	闪锌矿(■阶段)	4. 76	4.26
大红	DH-7	方铅矿	-1.10	1.6
<u>њ</u> а	Zj4 等	黄铁矿	0. 5-2. 6	0. 9
뛕井	JS7	方铅矿(脉状)	-0.4	2.3
	ZW -2	黄铁矿(浸染状)	6.77	5.67
土母山	WM5	黄铁矿(条带状)	5. 55	4.45
小坑 *	XT -018	方铅矿	2.04	3. 18
铜坑	FT-2	闪锌矿(脉状)	3. 01	3.01
	GG-2	黄铜矿	3.10	3.60
管査	GG-4	方铅矿	0.73	3.43

表	5	「研究	区部分	矿床	(点)的	硫同	位素组	烕

Table 5 Sulfur isotopic compositions in the part of deposits (points) of discussed area

测试单位:南京大学地球科学系中心实验室*据冯志文等(1992)

3.2.2 成矿溶液中 δS23值的确定 上述矿床(点)中都没有出现硫酸盐矿物(如重晶石),因 此磁黄铁矿的 δS³¹值大致相当于成矿溶液的 δS23值。根据同位素富集系数估算的磁黄铁矿 δS³¹值即 δS23值列于表 4 中。从中可以看出,上述矿床(点)中大部分矿床(点)的 δS23值均为 接近零值的正值(<+5%),个别矿床(点)的 δS23>+5%。

3.2.3 硫的来源 硫同位素资料(表 5)表明,区内绝大多数矿床硫源单一,来源于地幔或 地壳深部大量地壳物质的均一体。芹溪一官司成矿溶液的 δSH>+5%,是南园组火山岩中 浸染状黄铁矿 δSH值的 4 倍,王母山浸染状矿石的 δSH也>+5%,表明硫可能是多源的,即 除了岩浆硫为主外,还有别的来源。

3.3 氢、氧同位素

3.3.1 氢、氧同位素组成 表 6 是研究区部分矿床(点)氢、氧同位素实测和计算结果。从中 可以看出,成矿(蚀变)期石英脉的 δ¹⁸O 为 1.74-9.90%,变化幅度较大,说明成矿溶液性质 有所差异,石英包裹体的 δD 为-42.8--65.5%。根据 10³ ln v_{5×-*}=3.38×10⁶ T⁻²-3.40 (克莱顿,1972)分馏方程计算所得的成矿溶液 δ¹⁸O 值变化于-7.60-0.15%之间。

表。研究区部分矿床(点)氢、氧同位素组成

Table 6 Hydrogen and oxygen isotopic compositions

in the parts of deposits (points) of discussed are

						•· • • • • • • • • • • • • •
9 . K	产状及位置	測定矿物	均一温度 (C)	ð"®O%:	ðD _{н2} 0%:	^{₿18} Он ₂ 0%:
芹溪一官司	ZKon孔近地表石英脉	石英	235	5.67	- 65. 5	- 3. 94
铜 坑里	含黄铜矿石英脉	石英	170	9.9	-60.0	- 3. 92
夏山	第三成矿阶段矿脉	石英	245	9. 35	- 55. 0	0.15
	Ⅰ阶段石英脉・	石英	275	4.78	- 46. 0	-3.08
铞庰	Ⅳ阶段石英脉	石英	225	3. 55 - 2. 63	- 56. 2 57. 9	-6.687.6
··	ZK 40183m *	石英	286	4.05	- 50. 0	-3.37
小坑	Ⅰ号脉 BTs 剥土。	石英	252	1.74	- 43. 1	-7.12
 后坑	老硐中石英脉・	石英	235	5. 35	- 50. 9	- 4. 35
翁坑	132 线老硐处·	石英	232	8. 51	- 42.8	- 1. 34

测试单位;南京大学地球科学系中心实验室 * 据冯志文等(1992)

3.3.2 研究区中生代侏罗纪-白垩纪再平衡岩浆水及大气降水氢、氧同位素组成 研究区 上述矿床分布于中国东南沿海浙东-闽东构造岩浆活动区闽东亚区内。据"七五"地矿部重 点科技攻关项目——"中国东南大陆火山地质与矿产"的研究成果,区内分布的火山岩主要 为 1 型岩类,以低的 δ¹⁸O(一般 <9%,研究区内位于 6.9-8.3%之间)和⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值 (<0.709),高的¹¹⁸Nd/¹¹¹Nd 初始比(εNd(T)->-6)为特征。根据区内矿种组合类型特征, 把区内与成矿有关的岩浆岩归为张理刚总结的金铜系列花岗岩(该系列初始混合岩浆水的 δ¹⁸O 从+6.0-+9.0%,δD 从-110--65%,再平衡岩浆水的 δ¹⁸O 大致在+4.0-+7.0% 之间,δD 则在-80--35%之间)。但区内火山岩(包括侵入岩)的 δ¹⁸O 值比该系列的要低 2%左右,因此,本区初始混合岩浆水的 δ¹⁸O 下限值很可能为+5-+6%,相应的再平衡岩 浆水的 δ¹⁸O 下限值为+1-+2%。综上所述,可大致估计出本区初始混合岩浆水和再平衡 岩浆水的氢、氧同位素组成,分别为 δ¹⁸O+5-+8%,δD-110--65%和 δ¹⁸O+1-+4%, δD-80--35%。这一推论与后坑石英闪长岩中石英的 δ¹⁸O_{H2}o,δD_{H2}o(分别为+1.08%,-48.2%,据冯志文等,1992)相符合。

关于区内中生代侏罗纪一白垩纪大气降水的氢、氧同位素组成,可以应用张理刚等人 (1985年)总结出的规律,估值如下:铜坑里一带 δD-40%±、δ¹⁸O-6.8%±,芹溪一官司一 带 δD-45%±,δ¹⁸O-7.41%±,锦屏-翁坑一带 δD-50%±、δ¹⁸O-8.02%±。 3.3.3 成矿溶液介质水来源问题探讨 含矿石英脉或与成矿同期形成的石英脉的氢、氧同

位素组成特征(表 6、图 3)(结合上述铅、硫同位素,稀土元素等研究资料)可提供如下信息: (1)夏山铅锌矿床至少第Ⅰ成矿阶段即矽卡岩期高温热液阶段为再平衡岩浆水充填作 用成矿阶段,该阶段成矿溶液中介质水全部来自再平衡岩浆水,没有大气降水的加入,而第 Ⅱ(晚期)成矿阶段的矿体则是在再平衡岩浆水中混入少量大气降水的成矿热液作用下形成 的,关于第Ⅰ阶段成矿溶液来源问题,可推测为全部由再平衡岩浆水组成或由其中加入少许 大气降水构成。因此,该矿床可归结为混合一复合水热液矿床。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki





Fig. 3 Correlation diagram of $\delta^{18}O_{H,o} - \delta D_{H,o}$

1-夏山 Pb、Zn 矿床;2-翁坑金矿化点;3-锦屏 AuAg 矿床 I 阶段;4-铜坑里铜矿点; 5-芹溪-官司 AgPbZn 矿点;6-后坑金矿点;7-小坑 AuAg 矿点;8-锦屏 AuAg 矿床 N 阶段

(2)芹溪一官司和铜坑里矿体主要形成阶段的成矿溶液肯定是大气降水与再平衡岩浆水的混合,这不光从氧同位素组成上面反映出来,更主要地体现于氢同位素组成特征。因此,成矿热液为混合水热液。

(3) 锦屏金银矿床主要(I、Ⅱ) 成矿阶段成矿溶液中的介质水既来自大气降水,又有再 平衡岩浆水的加入(结合包裹体成分特征推测),而第Ⅳ(晚期)热液阶段则以大气降水为主 要介质水来源。小坑、后坑和翁坑金(银)矿点都类似于锦屏,因而可推测其主要成矿阶段成 矿溶液也是大气降水与再平衡岩浆水的混合。小坑 I 号脉 BTs 剥土中石英(表生期)的氢、氧 同位素组成反映出成矿溶液主要来自大气降水的特征。因此,上述矿床、点的成矿溶液也为 混合水热液。

综上所述,研究区上述矿床(点),不论是金、银矿床(点)还是铜、铅、锌矿床(点),其成矿 热液主要为混合水热液,矿体是在再平衡岩浆水和大气降水的共同作用下形成的,两者混合 比例因矿床(点)而异。

4 几点主要认识

通过以上几方面研究可得出如下几点主要认识:

(1)研究区内成矿物质是多来源的,铅、硫具有深源特征,主要来自火山一侵入岩;金的 矿源层主要为基底变质岩系;银、铜、锌则部分来自基底变质岩系,部分来自火山一侵入岩。

(2)成矿过程中的介质水在成矿主要阶段是大气降水同再平衡岩浆水的混合,在成矿晚期则主要来自大气降水。

(3)研究区内存在着 Ag-Cu、Ag-PbZn、Pb-Zn、Cu-Mo、Au-As(Sb)等矿种(元素)共

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki

生类型,这些共生元素在成矿过程中有着相似的活化,迁移和沉淀涂径。成矿作用具多阶段 性,可依据各成矿阶段的矿化程度(因子分析中的特征值)来确定今后应侧重的矿种。

考文献 羲

[1] 冯志文等,1992。闽北建瓯一政和火山岩型金矿地质,中国地质大学出版社。

[2] 袁见齐等主编,1979。矿床学,地质出版社。

[3] 张理刚,1985,稳定同位素在地质科学中的应用,陕西科技出版社。

[4] 福建省地质矿产局,1985。福建省区域地质志,地质出版社。

STUDY ON ORE-FORMING GEOCHEMISTRY OF **COPPER-GOLD-SILVER-POLYMETAL METALLOGENIC** ZONE IN PUCHENG-SANDU' AO. FUJIAN

Jiang Yaohui Cheng Henian Wu Quanhuai Ma Chengan (IGMR, Nanjing, 210016)

> Cheng Shizhong (Ninde Geological Team, Ninde, 352100)

Abstract

Ore-forming geochemistry characters of metallogenic and trace elements, REE and lead, sulfur, hydrogen and oxygen isotopes are studied in rather details. The results of studies above show that ore-forming materials are from many sources in discussed area, and that the water medium in ore-forming process is the mixture of atmospheric water and magmatic water in main metallogenic stage and is chiefly the atmospheric water in the late stage, and that ore sort further will be emphasised depending on the minerallization degree of certain stages in the area.

Key words ore-forming geochemistry, Pucheng-Sandu' ao

54