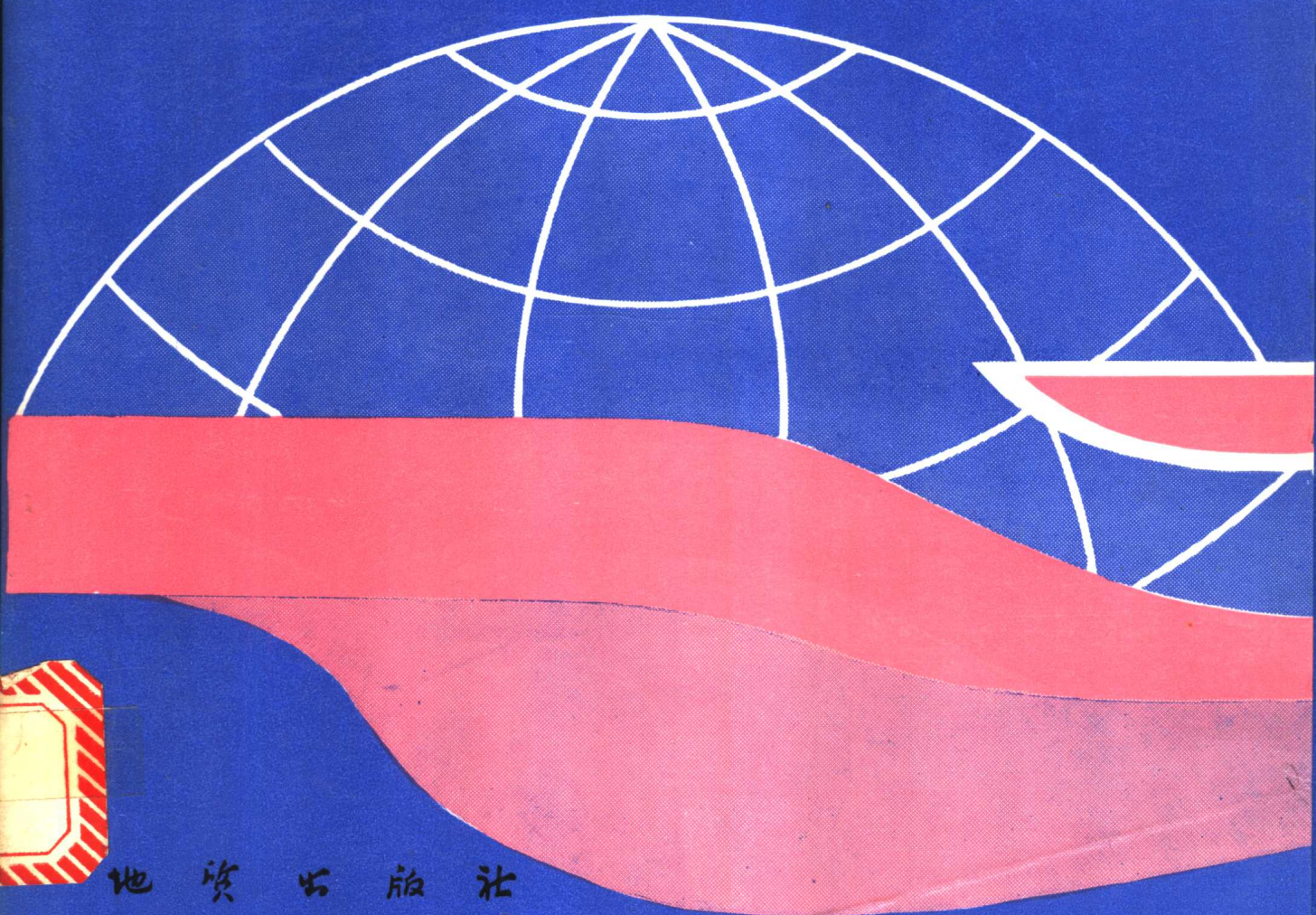


地质行业科学技术发展基金资助项目

成矿作用年代学 及同位素地球化学

陈好寿 等著



地质出版社

成矿作用年代学及同位素地球化学

陈好寿 周 肃 著
魏 琳 杨俊龙

地质行业科学技术发展基金资助项目

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书论述了永(安)一梅(县)凹陷中几个铜(金、铅、锌)矿床(玉水、银屏、紫金山及其外围)和云开隆起(河台、新洲)、海南岛(二甲、不磨)和西秦岭(拉日玛)等几个金矿床的年代学及铅、硫、氧和氢等同位素地球化学。着重成矿作用和蚀变作用年代学研究和铅、氧同位素地球化学示踪找矿评价研究。最后综述了中国铅锌(黄铁矿)矿床同位素地球化学研究的主要成果。

本书资料丰富,内容新颖,可供地质科研、生产和教学参考。

成矿作用年代学及同位素地球化学

陈好寿 等著

*

责任编辑:唐静轩

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:15 字数:368 千字

1994 年 7 月北京第一版·1994 年 7 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:16.00 元

ISBN 7-116-01558-2/P·1288

前言

本专著系在地质行业科学技术发展基金资助项目(编号 90055)研究报告基础上,增加作者其它研究成果编写而成。

经过 2 年多的野外和室内研究工作,新完成了广东玉水-银屎富铜多金属矿床及其外围远景区的铅、硫同位素示踪找矿研究,福建上杭紫金山铜、金矿床及其外围远景区以及海南岛二甲、不磨金矿和川西北拉日玛微细浸染型(硅质泥岩型)金矿的年代学和稳定同位素地球化学示踪研究。同时还补充作了康滇地轴铜矿床和云开隆起新洲-河台金矿床的年代学研究。整理综合了我国铅锌(黄铁矿)矿床的稳定同位素研究成果。

研究工作是在前人地质工作基础上作进一步野外观察并采集样品,充分利用同位素测试的各种手段进行综合分析研究的。共计测试样品 Rb-Sr 年龄 270 个,其中包裹体 92 个,全岩 178 个;U-Pb 年龄 52 个,K-Ar 年龄 70 个,Sm-Nd 年龄 39 个,铅同位素 682 个,硫同位素 169 个,氧同位素 358 个,氢同位素 85 个,碳-氧同位素 6 个,在取得丰富实际资料的基础上,结合地质背景对成矿时代、演化历史、物质来源、矿床成因及找矿评价进行综合研究。获得的主要成果和认识如下:

1. 在广东玉水-银屎地区,通过系统研究典型矿床的铅、硫等稳定同位素特征,结合地质背景,在阐述了矿床成因、物质来源、建立成矿模式的基础上,应用铅同位素示踪,对外围远景区或异常区进行了同位素地球化学找矿评价。经研究确定了玉水式碳酸盐型铜矿和银屎式铅锌矿的铅同位素靶标值分别为 18.000 ± 0.05 和 18.650 ± 0.05 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$), $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 分别为 1.155 ± 0.005 和 1.19 ± 0.01 。根据上述靶标值,在玉水和银屎矿床外围优选出 4 个找矿靶区,其中百瓦、葵岭是玉水式铜矿的中靶区,铅山里是银屎式铅锌矿的中靶区,汾水矿点地质背景及同位素特征均介于玉水和银屎之间,预测既有可能找到玉水式铜矿,也有可能找到银屎式铅锌矿或具有二类矿床性质。

2. 用 Rb-Sr、U-Pb、Sm-Nd 和 K-Ar 法系统测定了上杭-云霄铜金成矿带各类岩浆岩和火山-潜火山岩的年龄和紫金山铜金矿床及外围矿化区和远景区蚀变岩石、矿物和石英中流体包裹体的年龄,对成岩成矿作进一步分期。大量的年龄数据(U-Pb 和谐年龄 3 组、Rb-Sr 等时线年龄 32 组和 K-Ar 年龄 18 个)表明,本区岩浆活动和蚀变矿化作用可以分为 6 期,主要矿化作用发生在燕山晚期,早白垩世最为强烈,其次是晚白垩世,一直延续到喜马拉雅期。在系统的 Pb、Sr、Nd、S、O、H、C 稳定同位素综合研究的基础上,应用 Pb、O 同位素地球化学示踪,在紫金山及其外围进行了找矿评价研究,首次发现蚀变岩石的 Pb、O 同位素组成随钻孔深度呈有规律的变化,而且两种同位素变化大致同步,并与矿体位置有密切关系,即可以指示矿化部位。在本区建立了两种模式:一是低 ^{18}O 和低 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 成矿,即 $\delta^{18}\text{O}$ 和放射成因铅(以 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为找矿标志)降低的地方是矿体或矿化作用和蚀变作用强烈的地方,紫金山低温浅成次火山岩型铜金矿床和中寮、萝卜岭等斑岩型铜、钼矿床为此种模式;(2)高 ^{18}O 和(或)高放射成因铅成矿,即 $\delta^{18}\text{O}$ 值和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值升高的地方是矿体矿化部位或蚀变作用强烈的地方,如龙江亭、二庙沟等中低温热液脉型铜、金、银(Pb-Zn)矿床属此

类型,在这些矿床钻孔中二种同位素从浅部到深部有明显降低的趋势,故下部有可能找到低 $\delta^{18}\text{O}$ 和低放射成因成矿的斑岩型矿床。

应用 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 作为找矿标志进行“打靶”,在确定紫金山铜金矿床靶标值后,对外围包括南山、中寮、罗卜岭、仙师岩、二庙沟、龙江亭、双丰水库、中堡吉湖及麻坝等异常区进行同位素找矿评价,优选出4—5个有远景的找矿靶区。

3. 在海南岛金矿的研究中,通过流体包裹体 Rb-Sr 等时线等多种年代学研究,确定了二甲和不磨金矿围岩的成岩时代和各种变质、蚀变、混合岩化和成矿作用的年代,并建立了这些地质作用的时序和演化过程。研究表明,金矿围岩抱板群的年龄大于1425Ma,14亿年以来经历了多期次变质、混合岩化作用、蚀变作用和矿化作用,最早的变质作用是晚元古代700—800Ma和1100Ma,混合岩化早于糜棱岩化,混合岩与伟晶岩的年龄主要在390—430Ma之间,糜棱岩与千糜岩以及蚀变碎裂岩的年龄在230—300Ma之间。主要的含金石英脉有三期,一期在加里东-海西期($378\pm 30\text{Ma}$),与早期混合岩和伟晶岩年龄一致;另一期在印支期(219—244Ma),与千糜岩和糜棱岩化是同时的;第三期发生在燕山期,同时伴随着晚期构造蚀变(变质)作用和岩浆活动,主要的金成矿作用在印支期。

在详细的 Pb、S、O、H 等稳定同位素研究的基础上,应用蚀变岩石的 Pb、O 同位素地球化学示踪法,在二甲、不磨矿区建立了同位素地球化学找矿模式,在二甲、红甫门、北牛 V23 矿体,发现 $\delta^{18}\text{O}$ 值增高,放射成因铅降低的地方是金矿化的位置。在不磨矿区发现 $\delta^{18}\text{O}$ 值在矿体部位明显增高,同时 δD 值和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值明显降低。

4. 首次对西秦岭拉日玛微细浸染型金矿床牙相、俄都、邛莫等矿段与不同期变质或蚀变作用和矿化作用有关的石英中流体包裹体进行 Rb-Sr 等时线年龄测定,获得了 $421\pm 27\text{Ma}$ 、 $319\pm 9\text{Ma}$ 、 $277\pm 67\text{Ma}$ 、 $192\pm 13\text{Ma}$ 和 $169\pm 10\text{Ma}$ 等年龄,结合石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄、铀矿石 U-Pb 年龄和石英及硫化物 Pb-Pb 年龄,对金矿来源物质年龄、变质和(或)蚀变作用以及成矿作用时代重新厘定,提出了多期成矿的新认识。

首次测定了石英、重晶石的铅同位素组成,结合硫化物 Pb、S 同位素及石英氢、氧、锶同位素组成,证明铅、锶、硫及金等成矿物质主要来自上地壳源区,直接来源是太阳顶群,初始来源是基底或古陆更古老物质。在后期改造作用中,在加入放射成因铅的同时,金进一步活化富集,因此提出金是多期、多来源的。

首先测定了康滇地轴铜矿床硫化物的 Rb-Sr 等时线和 Pb-Pb 等时线年龄(在另一专著中发表)。

本专著的特色在于:

1. 将同位素年代学用于研究成矿时代及演化历史。长期以来,年代学只局限用于测定地层及岩体的年龄,由于方法的限制,很少直接用于研究矿床。本书则采用直接与成矿有关的石英中流体包裹体、硫化物及蚀变矿物 Rb-Sr 及 Pb-Pb 等时线测年方法等新技术,直接测定矿床成矿时代及演化历史。所获成果对所选择的矿区(床)是首次,是前人没有作过的工作。

2. 将年代学与多种稳定同位素示踪研究紧密结合,采用构造-同位素演化的新理论,从历史的、演化的动态分析来研究矿床及同位素演化历史。已有的矿床同位素地球化学研究很少与年代学结合,固体同位素(Pb、Sr、Nd)与气体同位素(C、H、O、S)结合也不够。

3. 将同位素示踪研究直接用于找矿评价、优选靶区,与生产实践紧密结合,具有重要的

理论意义和潜在的经济效益。

4. 采用的分析技术先进,方法可靠,数据精度高,研究矿种是国家急缺的金、铜、铅、锌矿,研究地区属具明显找矿前景的地方。

本书共分七章。第一章 广东玉水-银尿富铜多金属矿带同位素地球化学,论述了典型矿床玉水富铜矿床和银尿铅锌矿床及其外围远景区的稳定同位素特征及 Pb、S 同位素找矿模式;第二章 上杭-云霄铜金成矿带成矿作用年代学及同位素地球化学,着重阐述紫金山矿床的同位素地球化学特征及 Pb、O 同位素找矿评价;第三章 紫金山铜、金矿床外围远景区同位素地球化学及找矿预测,论述了上杭地区中寮、罗卜岭、二庙沟、龙江亭和麻坝等远景区或矿点的同位素地球化学特征及铅、氧同位素找矿评价;第四章 云开隆起金矿带同位素地球化学及成矿作用年代学,首次获得石英流体包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄,本章着重论述了矿床的稳定同位素特征、矿床演化历史及成矿作用或来源物质年龄;第五章 海南金矿床成矿作用年代学及同位素地球化学,着重论述二甲及不磨金矿区围岩形成年龄及变质、蚀变和矿化时代以及铅、氧同位素找矿模式;第六章 西秦岭硅灰泥岩型金矿床年代学及同位素地球化学,主要论述拉日玛矿床的成矿时代及来源物质年龄以及铅、硫、氧、氢等同位素地球化学特征及其来源;第七章 中国铅锌(黄铁矿)矿床的同位素地球化学,着重论述了与岩浆活动和与沉积作用有关的两类铅锌(黄铁矿)矿床的铅、硫等同位素特征,是总结作者的多年研究成果并综合大量文献资料编写的。

研究工作还得到地矿部同位素地质开放研究实验室南方中心的资助。海南金矿也是国家攻关项目的一部分;上杭-云霄成矿带铜、金矿床,康滇地轴铜矿床和西秦岭拉日玛矿床的同位素研究是分别与福建省地矿所、昆明工学院和川西北地质大队合作的成果。参加部分野外工作和室内分析工作的人员有周肃、魏琳、杨俊龙、黄怀秀、庄龙池等。此外朱家平、吕红、刘焰、蔡红、郑艳芳、李志昌、韩友科、安娜、陈文芳、谢欣等分别完成有关方法的部分测试任务。在野外工作期间,得到有关地质队及矿区的大力支持,并提供地质资料。室内测试研究工作得到李华芹研究员的支持和协助。在此一并表示谢意。

陈 好 寿

一九九三年十一月于浙江大学. 杭州

目 录

前 言

第一章 广东玉水-银屎富铜多金属矿带同位素地球化学	1
第一节 区域地质概况及矿床特征	1
一、区域地质概况	1
二、矿产概况及矿床特征	3
第二节 典型矿床同位素地球化学研究	6
一、铅同位素	6
二、硫、碳和氧同位素	9
第三节 矿床成因讨论	12
一、玉水式铜矿床成因讨论	12
二、银屎式铅锌矿床的成因讨论	14
第四节 同位素找矿评价研究	15
一、靶标值的确定	15
二、评价和选优靶区	16
第二章 上杭-云霄铜金成矿带成矿作用年代学及同位素地球化学	20
第一节 紫金山地区区域地质概述	20
一、地层	20
二、侵入岩	21
三、火山岩及潜火山岩	21
四、构造	21
第二节 紫金山铜矿床同位素地球化学	22
一、矿床地质特征	23
二、成矿作用年代学	24
三、铅同位素地球化学	36
四、锶、钕、氧同位素地球化学	46
五、硫、氢、氧同位素地球化学	52
六、同位素找矿评价研究	57
第三章 紫金山铜矿床外围远景区同位素地球化学及找矿预测	67
第一节 远景区的划分	67
一、远景区划分原则	67
二、远景区概况	67
第二节 中寮-罗卜岭远景区同位素地球化学	70
一、地质概况	70
二、蚀变和矿化作用年代学	74
三、铅同位素地球化学	76
四、硫、氢、氧同位素地球化学	82

第三节	龙江亭一二庙沟远景区同位素地球化学	84
	一、地质概况	84
	二、蚀变和矿化作用年代学	86
	三、铅同位素地球化学	90
	四、硫同位素特征	94
第四节	区域同位素变化特征及找矿评价	95
	一、麻坝等远景区铅同位素特征	95
	二、大芑岗及双丰水库等远景区同位素特征	97
	三、铅同位素找矿评价	100
	四、氧铅同位素综合找矿评价	100
第四章	西秦岭硅灰泥岩型金矿床年代学及同位素地球化学	107
第一节	地质背景概述	107
	一、区域地质背景	107
	二、矿床地质特征	109
第二节	成矿作用年代学	110
	一、石英包裹体 Rb-Sr 年龄	110
	二、安山玢岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄	114
	三、载金石英的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄	114
	四、硅质岩铀矿石的 U-Pb 年龄	116
	五、金矿成矿时代讨论	118
第三节	铅同位素地球化学	118
	一、岩石铅同位素组成	118
	二、重晶石和石英的铅同位素组成	120
	三、硫化物铅同位素组成	123
第四节	氢、氧及硫同位素地球化学	125
	一、氢、氧同位素组成	125
	二、硫同位素组成与硫源	128
	结论	131
第五章	海南金矿床成矿作用年代学及同位素地球化学	132
第一节	成矿作用年代学	132
	一、二甲矿区年代学研究	132
	二、不磨矿区年代学研究	140
	小结	143
第二节	铅同位素地球化学	144
	一、二甲矿区铅同位素特征	144
	二、不磨矿区铅同位素特征	153
第三节	硫、氢及氧同位素地球化学	156
	一、硫同位素特征	156
	二、氢、氧同位素特征	157
第四节	同位素找矿评价研究	158
	一、二甲矿区铅、氧同位素找矿研究	158
	二、不磨矿区铅、氧同位素找矿研究	162

第六章 云开隆起金矿带成矿作用年代学及同位素地球化学研究	166
第一节 区域地质概况	166
第二节 同位素地质年代学研究	166
一、新洲金矿围岩时代	166
二、金矿成矿时代	170
第三节 铅同位素地球化学	176
一、河台矿区铅同位素组成	176
二、新洲矿区及其外围矿化区铅同位素组成	181
第四节 硫、碳、氢及氧同位素地球化学	186
一、硫同位素组成	186
二、碳酸盐的碳、氢、氧同位素组成	189
三、石英的氢、氧同位素组成	190
小结	192
第七章 中国铅锌(硫铁矿)矿床同位素地球化学	194
第一节 中国铅锌矿床概况	194
一、中国铅锌矿床时空分布特征	194
二、铅锌矿床主要类型	194
第二节 与岩浆活动有关矿床的同位素地球化学	195
一、地质背景概况	195
二、铅同位素地球化学	196
三、不同类型铅典型矿床特征	200
四、硫同位素地球化学	203
五、氢、氧及碳同位素地球化学	207
第三节 层控矿床同位素地球化学	209
一、地质背景概况	209
二、铅同位素特征	209
三、铅同位素分类及典型矿床	218
四、硫同位素地球化学	226
五、碳、氧及氢同位素地球化学	232
第四节 同位素地球化学找矿评价	237
一、铅同位素找矿	237
二、应用蚀变岩石的氧同位素找矿	239
参考文献	240

第一章 广东玉水-银屎富铜 多金属矿带同位素地球化学

玉水-银屎铜多金属矿带是粤东北重要的铜、铅锌、金、银等多金属成矿远景区(带)之一。已发现铜、铅锌、金、银、铁、锰等矿床、矿点多处,其中玉水铜矿、银屎铅锌矿是近几年发现并评价的富铜、铅锌中型矿床。在这两个矿床的外围还有若干矿点及异常区。本章应用铅、硫及碳氧同位素示踪,对玉水、银屎矿床及其外围若干矿点及远景(异常)区进行对比研究,在阐明矿床成因、物质来源、成矿时代、演化历史的基础上,总结已知矿床和矿点的同位素特征,提出找矿评价的稳定同位素标记,对远景区(异常区)进行找矿评价^①。

第一节 区域地质概况及矿床特征^②

玉水-银屎富铜多金属矿带位于梅州市(梅县)北侧约8km。西起银营,东至黄北坑,南起书坑,北至坪水,面积220km²。

一、区域地质概况

本成矿带处于华南褶皱系与东南沿海褶皱系交接地带,酃水—海丰断裂带南段(莲花山断裂带)西侧,永(安)梅(县)上古生代凹陷南西端。永梅上古生代拗陷区内有丰富的铁、铜多金属矿产,北段在福建有龙岩马坑,上杭紫金山、湖洋、漳平和潘田等;南段有兴宁铁山嶂,平远尖山等。梅县玉水、银屎等矿区位于马坑和铁山嶂之间(图1—1)是粤东地区重要的富铜多金属成矿远景带(区)之一。

1. 地层 本区地层出露较全,按构造层简述如下:

(1)加里东构造层(Z—S),分布于本区的中、南部。为类复理石建造和硅质岩建造。出露厚度大于2000m。被中上泥盆统碎屑岩区域性不整合覆盖,受加里东运动及弥后构造运动强烈改造,地层普遍发生变质,发育全形褶皱和逆掩断裂。

(2)印支构造层(D—T₂):早期属滨海—浅海相碎屑岩建造间夹碳酸盐或含火山灰砂页岩建造(D₂—C₁);中期为浅海相碳酸盐间夹块状硫化物的卤水碳酸盐建造(C₂—P₁)、海陆交互相含煤建造(P₁—P₂);后期浅海相泥灰岩建造(P₂—T₁);本带未见T₂沉积。总厚大于3300m。大致呈东西向横贯全区分布。

本构造层分上下两个碳酸盐建造;下碳酸盐建造包括壶天群和栖霞组,厚687m;上碳酸盐建造包括大隆组和大冶组,厚321m。本带多金属矿床主要赋存于碳酸盐建造中,特别是下碳酸盐及其下伏的碎屑岩中,是本带成矿的有利层位。

(3)燕山构造层(T₃—K):早期为滨海—陆相含煤砂页岩建造(T₃—J₁),本带未出露J₂;

① 本课题得到地矿部同位素地质开放研究实验室的资助。

② 根据广东七二三队提供资料编写。

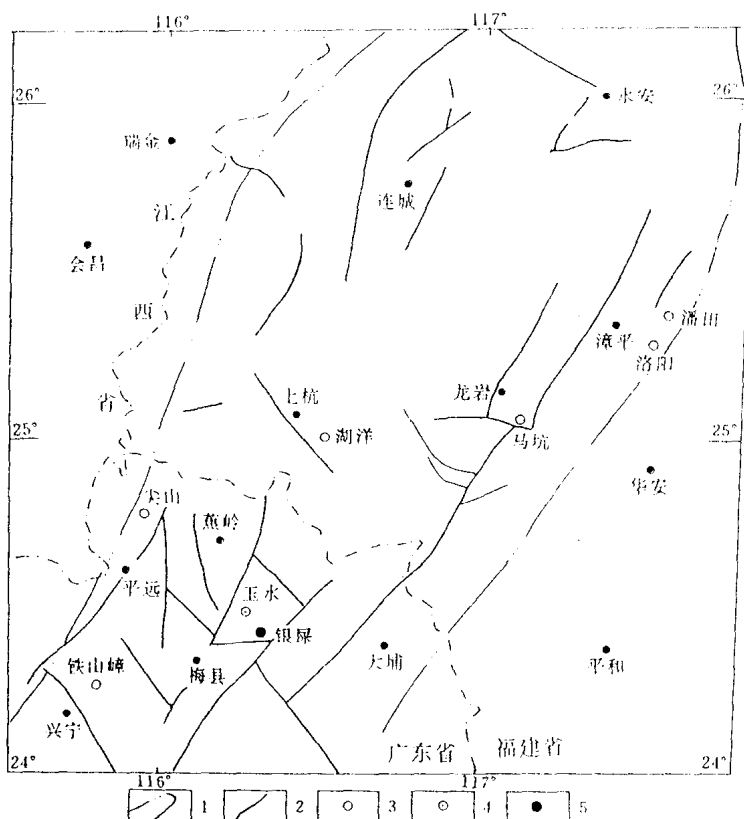


图 1—1 永梅拗陷区中上石炭统下部矿产分布示意图(据何耀基,1990)

1—永(安)梅(县)拗陷区大致范围;2—区域性断裂;3—铁矿区;4—铜多金属矿区;5—铅锌矿区

中期为陆相中酸性火山岩建造(J_3);后期为内陆湖相红色建造和火山岩建造(K)。总厚度为2100—6260m。分布于东北及西南。最近对玉水、杨梅坪一带的氧化铁锰矿体的调查发现,这些铁锰矿体产出位置就在古火山口上或火山口周围,尚可见风化残余的火山碎屑、角砾与金属硫化物一起堆积,与“玉水式”铜多金属矿的关系甚为密切,能作为地表的间接找矿标志之一。

(4)喜山构造层(E—Q):早期为内陆红色碎屑建造(E)。仅见于本带中部北北东向断陷带中,厚 380m;晚期为山间小盆地,河流碎屑或坡残积碎屑沉积建造(Q),为本区东部铅山里锰矿沉积成矿期。

2. 构造 本区构造非常复杂,褶皱、断裂发育,按地质力学观点为梅县山字型构造前弧内缘,与新华夏系反接复合部位,将矿带分成东西两部分,现按构造单元简述如下:

(1)玉水—银屎褶断区:由一系列近东西方向展布的褶曲和压性断裂组成。大水坑背斜两翼为两个断裂带,控制了玉水和银屎多金属矿床的分布,大雅断裂带则在大雅向斜南翼转折处,控制了大雅黄铁多金属矿床,为本带最重要的成矿构造区。

(2)葵岭—竹洋断陷区:由一系列规模较大,走向为 15° — 20° 的压扭性断裂和少数小褶曲所组成,该断陷带切断了玉水—银屎褶断区,沿构造带有较多酸性岩浆贯入,属形成较晚的

成矿后构造,百瓦铜矿受其破坏。

(3)石扇—杨文断陷区:包括银营向斜和石扇-杨文断裂带,前者轴向南北,后者以一系列平行密集分布的 310° — 330° 走向的压扭性断裂组成,在断裂或旁侧有脉状铅锌矿体产出。该带为热液型多金属成矿构造带。

(4)饭增顶—四姑嶂褶皱区:包括饭增顶背斜和四姑嶂背斜,均系轴向近南北的短轴背斜。由泥盆系组成,两翼有石炭系出露。

(5)大塘下凹陷区:在本带内仅现露小部分,由白垩系组成,属山间盆地构造。

3. 岩浆岩 本区岩浆活动,除晚侏罗世中酸性,晚白垩世酸性火山喷发外,侵入活动不甚强烈,均呈规模较小的浅成—超浅成的岩株、岩墙、岩脉产出,计有汾水黑云母花岗岩岩脉($\gamma_2^{(3)}$)、一系列花岗斑岩、石英斑岩、球粒斑岩($\gamma_2^{(2)}$)沿葵岭—竹洋北北东向断陷区及其旁侧的断裂侵入,此外尚有玄武岩—辉绿岩($\beta\mu$)分布于玉水、银屎、大雅等矿区,呈岩株、岩床、岩墙产出。无论玉水、银屎还是大雅,玄武—辉绿岩与多金属矿体有较密切的关系,且本身具多金属矿化,很可能为次火山岩沿古火山通道产出所成。

二、矿产概况及矿床特征

本成矿带共发现铜、铅、锌、金、银、锰、铁、钴、硫、煤等矿种,矿床、矿点有 36 处。其中中型规模以上的有玉水铜多金属矿、银屎铅锌矿、铅山里氧化铅锌锰矿、银屎含金银氧化铅锌锰矿等。

作为主要预测对象的典型矿床有玉水层控块状硫化物铜多金属矿床、银屎热液充填交代铅锌矿床,其矿床特征简介如下。

1. 玉水铜多金属矿床 玉水矿区位于城东—银屎近东西向,由震旦系(Z)构成轴部地层的背斜北翼,西段被北北东向大断裂破坏(图 1—2)。矿区地层如表 1—1 所示。四个时代的地层,反映了不同时代的构造层,它们的褶皱形式是不同的,区内断层发育,如褶皱形成之后的 F_1 断层,成矿后切断矿体的近南北向的 F_{12} 断层,与矿体倾向一致的 F_{23} 断层等(图 1—3、1—4),相当多的部分被后期的辉绿岩、花岗斑岩等脉岩充填。

表 1—1 玉水铜多金属矿区地层特征

地层时代及名称	岩 相 岩 性	可见厚度	分布位置
下白垩统官草湖群(K_{1gn})	深断陷式盆地内陆相碎屑沉积岩、火山岩等,以紫红色为特征	大于 500m	矿区北侧
上侏罗统高基坪群(J_3gj)	以中—酸性熔岩为主的陆相火山岩,喷发不整合于褶皱了的地层之上	0—100m 常见 30—50m	矿区中部
中上石炭统壶天群(C_{2+3ht})	浅海相碳酸盐岩、上部以细晶质白云岩为主,下部白云岩、白云质灰岩、石灰岩等互层夹生物灰岩、硅质岩。底部有呈大透镜状分布的海相火山—沉积岩,为矿区主矿体赋存所在,化石有假斯塔夫筴、小棒筴、双圆海百合茎等	大于 320m	矿区中部
中泥盆—下石炭统($D_2—C_1$)	浅海—滨海相碎屑岩,以中细粒石英砂岩为主夹粉砂岩、含砾砂岩等	大于 400m	矿区南部

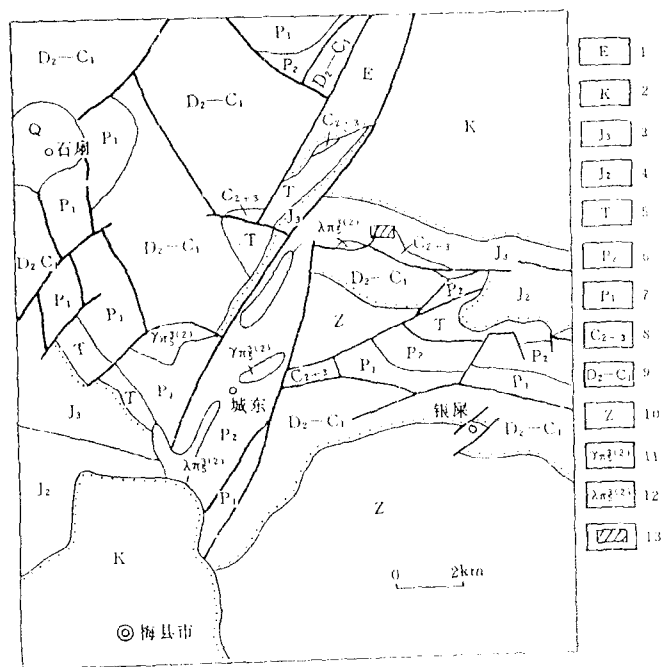


图 1-2 玉水铜多金属
矿区及外围地质略图
(据何耀基,1990)

1—下第三系内陆湖相红色
岩组;2—下白垩统内陆湖
相红色岩组;3—上侏罗统
陆相火山岩;4—中侏罗统
陆相碎屑岩;5—三叠系海
陆交替相碳酸盐岩、碎屑
岩;6—上二叠统海陆交替
相煤系;7—下二叠统海相
碳酸盐岩;8—中上石炭统
海相碳酸盐岩;9—中泥盆
—下石炭统浅海相碎屑岩;
10—震旦系浅变质岩;11—
燕山晚期花岗斑岩;12—燕
山晚期石英斑岩;13—玉水
矿区所在位置

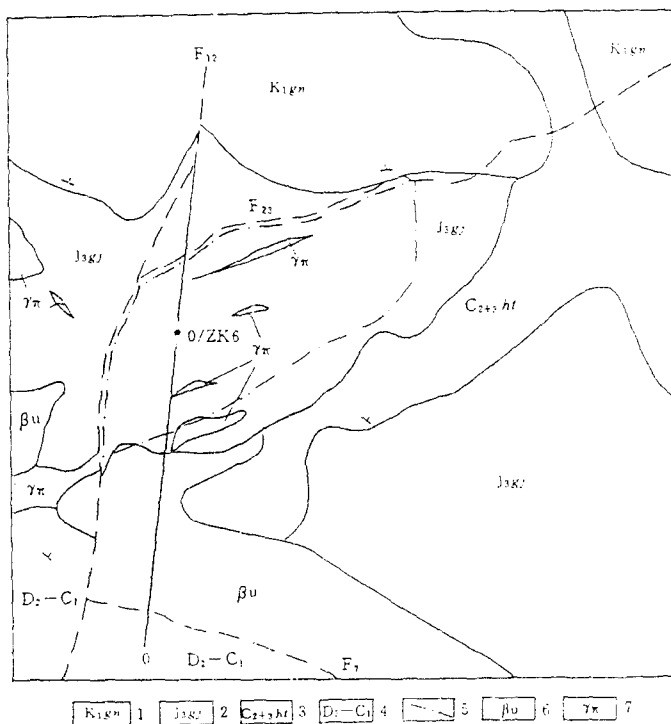


图 1-3 玉水铜多金属
矿区地质略图

1—下白垩统官草湖群湖相
紫红色砂岩粉砂岩等;2—
上侏罗统高基坪群陆相中
酸性;3—中上石炭统壶天
群碳酸盐岩;4—中泥盆—
下石炭统碎屑岩;5—主矿
体垂直投影界线;6—辉绿
岩;7—花岗斑岩

主矿体(P_1) 产于中上石炭统壶天群碳酸盐岩与下石炭统忠信组碎屑岩接触界面及其附近(20—30m 左右),与海底火山—沉积作用有关。主矿体上部碳酸盐岩中还有不规则的矿化,范围较大,局部能形成小矿体。

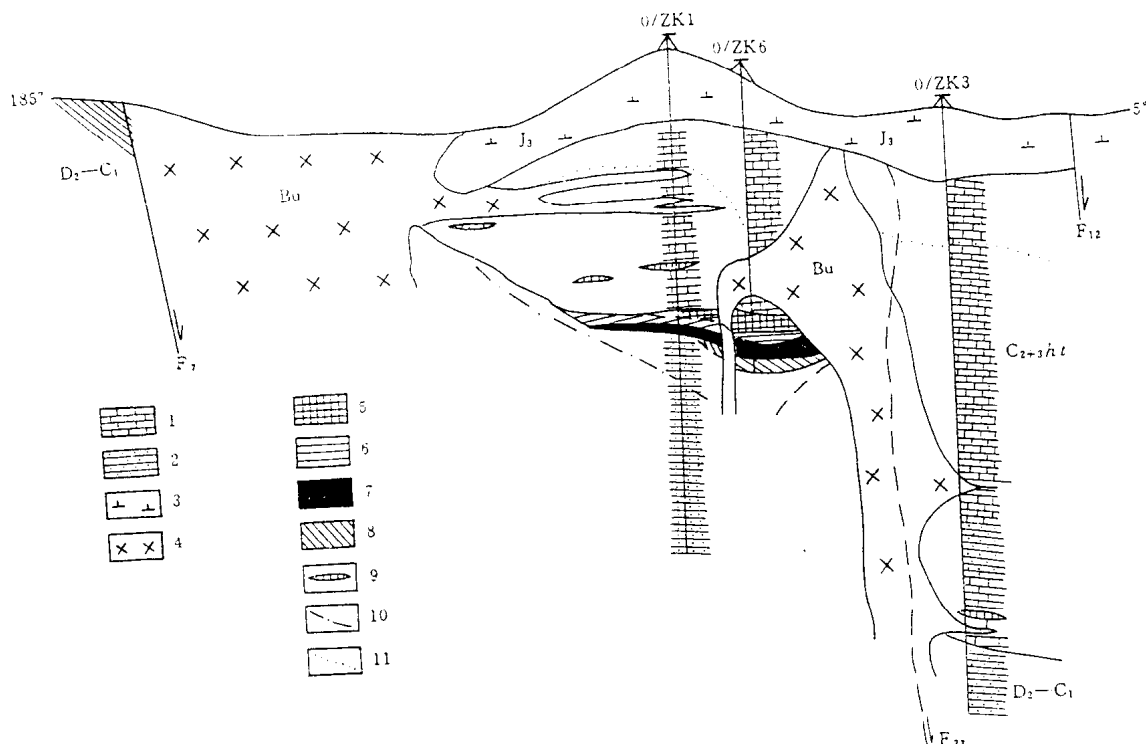


图 1—4 玉水矿区 0 线剖面示意图

1—白云岩、白云质灰岩、石灰岩等;2—石英砂岩;3—陆相火山岩;4—辉绿岩;5—铜矿化白云质灰岩;
6—铅锌铜矿化赤铁矿—硅质岩组;7—块状铜铅锌矿层;8—铜锌矿化中细粒石英砂岩;9—碳酸盐岩
中透镜状铅锌小矿体;10—稀疏浸染状、细脉状铅锌铜矿化大致界线;11—碎屑岩中蚀变大致界线

主矿体 P_1 呈层状、似层状产出,与地层产状基本一致。倾角 10° — 25° ,长轴大致呈 40° — 60° 方向延伸,总长 700m,宽 250—400m。厚度平均 6.10m,最厚 24.38m。品位变化大,平均品位 Cu 3.294%,Pb 4.07%,Zn 3.691%,Ag 12.302%,矿石物质组分复杂,共有 34 种矿石及脉石矿物。矿石矿物主要有黄铜矿、闪锌矿、方铅矿,其次为辉铜矿、锌黝铜矿、斑铜矿、蓝铜矿、孔雀石、黄铁矿、菱铁锰矿、褐铁矿等。脉石矿物为方解石、白云石、石英、硅质等。矿石中有益组分为 Cu、Pb、Zn,伴生 Ag、S,微量元素 Cd、W、Sn、Au 等。矿石具交代结构和半自形—他形晶粒结构;矿石构造依次有块状、细脉状、浸染状、角砾状、条带状、团块状等。

矿体明显具有早期海底火山作用沉积的块状硫化物锥形及后期构造和热液复合叠加成矿特点。

2. 银屎铅锌矿床 为产于北东东—近东西向的压扭性断裂破碎带中的热液裂隙充填矿床。主矿体的围岩是中上泥盆统石英砂岩,在栖霞组和壶天群碳酸盐岩中也有热液充填和交代的小矿体产出。矿体呈透镜状和脉状,产状与主断裂产状一致。整个矿区由似雁行排列的

21 个大小不等的狭长矿体组成,最大的 V1 矿体长 1440m,厚 0.49m—20.48m,平均 4.56m,延深 165m。平均品位:Pb 3.1%,Zn 1.96%,伴生有金银镉等有益金属。主要金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、白铁矿及微量白钛矿;脉石矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石等。矿石结构有交代结构、针状结构、他形—自形晶粒结构、溶蚀结构、压碎结构等。矿石构造有脉状、块状、条带状、角砾状、浸染状等。

第二节 典型矿床同位素地球化学研究

系统测定了玉水铜矿床和银尿铅锌矿床的铅、硫、碳及氧同位素组成。其特征及变化规律简述如下:

一、铅 同 位 素

测定了玉水铜矿床矿石中各种硫化物铅同位素 36 个,围岩灰岩或白云岩铅同位素 7 个,银尿铅锌矿矿石铅(各种硫化物和氧化物)26 个,灰岩和白云质灰岩铅 9 个,分述如下:

1. 玉水铜矿床铅同位素

(1)岩石铅:测定灰岩、白云质灰岩和白云岩的铅同位素组成 7 个,列于表 1—2 中,从表 1—2 和图 1—5 中可以看出,铅同位素组成变化很小,很稳定, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.010—18.192,平均 18.098, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.591—15.685,平均 15.652, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.314—38.859,平均 38.604。 μ 值($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$)为 9.49—9.66,平均 9.60, ω 值($^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$) = 38.18—40.16,平均 39.50,模式年龄 401—496Ma,除钍铅偏高,且变化稍大,因而 ω 值也较高外(即富含钍铅),其它两对同位素比值在铅同位素演化图上落在正常铅或岛弧铅演化曲线附近,4—5 亿年区域内,接近岛弧(造山带)环境中演化的铅。

表 1—2 玉水铜矿床岩石铅同位素组成及源区特征值

序号	样号	岩石名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	模式年龄(Ma)	μ	ω	κ
1	Y3	白云质灰岩	18.105	15.670	38.629	1.16	469	9.64	39.75	3.99
2	Y15	白云岩	18.192	15.664	38.859	1.16	401	9.62	40.16	4.04
3	Y21	灰岩	18.083	15.680	38.614	1.15	496	9.66	39.93	4.00
4	Y22	白云质灰岩	18.111	15.667	38.622	1.16	461	9.63	39.66	3.98
5	Y27	白云岩	18.027	15.609	38.434	1.16	453	9.53	38.78	3.94
6	Y28—2	白云质灰岩	18.010	15.591	38.314	1.16	445	9.49	38.18	3.89
7	Y3—2	灰岩	18.170	15.685	38.757	1.16	441	9.66	40.06	4.01

(2)矿石铅:矿石铅与岩石铅相比(表 1—3), $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 差别不大, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 矿石铅变化要大一些;此外,产于下石炭统忠信组碎屑岩中矿石与产于中上石炭统壶天群灰岩中的矿石铅同位素有小的差异,前者比后者富含放射成因铅,其变化小一些, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 壶天群灰岩中矿体为 17.904—18.247,忠信组砂岩中矿体为 18.003—18.328, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 壶天群中矿石为 15.483—15.828,忠信组矿石为 15.589—15.659, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 壶天群 38.070—38.759(39.001),忠信组 38.301—38.437,模式年龄也大多集中在 400—500Ma

之间,方解石最小年龄 311—315Ma,黄铁矿最大年龄 578—612Ma,源区 μ 、 ω 值矿石铅比岩石铅变化要大,有二个方解石 μ 值最低为 9.28—9.34,其余硫化物 μ 值在 9.38—9.95, ω 值除一个方解石为 37.39 外,其余在 37.69—42.31 之间。

总的来看,玉水铜矿中上石炭统碳酸盐岩石铅和其中的矿石铅同位素组成差别不大,相对比较稳定,变化小,大致落在同一个区域内,表明基本上属同一的均一来源。下石炭统忠信组碎屑岩中矿石铅与上覆地层及其矿石铅的同位素则有小的差别。前者是既有上地壳铅或以上地壳铅为主的壳幔混合铅,也有地幔铅;后者基本上属岛弧(造山带)环境中演化的壳幔混合铅。

表 1—3 玉水铜矿床矿石铅同位素组成及源区特征值

序号	样号	样品名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	模式年龄(Ma)	μ	ω	κ
1	Y1-1	闪 锌 矿	17.988	15.534	38.327	1.16	393	9.38	37.81	3.90
2	Y1-2	斑 铜 矿	17.966	15.554	38.285	1.16	432	9.42	37.96	3.90
3	Y1-3	方 铅 矿	18.013	15.656	38.501	1.15	517	9.62	39.62	3.98
4	Y1-4	黄 铜 矿	17.999	15.697	38.410	1.15	464	9.55	38.89	3.94
5	Y2-1	黄 铜 矿	18.038	15.696	38.652	1.15	545	9.70	40.53	4.04
6	Y2-2	方 铅 矿	18.027	15.632	38.485	1.15	480	9.57	39.23	3.92
			18.004	15.602	38.355	1.15	462	9.52	38.50	3.92
7	Y5-1	斑 铜 矿	17.974	15.598	38.318	1.15	478	9.51	38.48	3.92
8	Y5-2	黄 铁 矿	17.964	15.581	38.250	1.15	466	9.48	38.08	3.89
			17.999	15.629	38.405	1.15	496	9.57	39.01	3.95
9	Y6-1	方 铅 矿	17.964	15.592	38.279	1.15	476	9.50	38.32	3.90
10	Y6-2	黄 铁 矿	18.098	5.763	38.842	1.15	578	9.83	41.68	4.10
11	Y7-1	方 铅 矿	18.011	15.651	38.478	1.15	513	9.61	39.48	3.97
12	Y7-2	黄 铁 矿	18.151	15.828	38.070	1.15	612	9.95	38.55	3.75
13	Y8-1	方 铅 矿	18.007	15.609	38.424	1.15	468	9.53	38.86	3.95
14	Y8-2	黄 铁 矿	18.059	15.710	38.661	1.15	546	9.73	40.58	4.04
15	Y9-1	方 铅 矿	17.998	15.628	38.404	1.15	497	9.57	39.01	3.95
			17.963	15.399	38.240	1.17	244	9.12	36.28	3.85
16	Y9-2	黄 铁 矿	17.992	15.574	38.371	1.15	437	9.46	38.37	3.92
17	Y10	黄 铁 矿	17.983	15.606	38.326	1.15	481	9.53	38.54	3.92
			18.009	15.647	38.458	1.15	510	9.61	39.37	3.97
18	Y11	方 铅 矿	18.004	15.578	38.278	1.16	434	9.47	37.94	3.88
			18.044	15.470	38.408	1.16	274	9.43	37.21	3.89
19	Y14	方 铅 矿	18.015	15.606	38.362	1.15	458	9.52	38.51	3.91
20	Y18	方 铅 矿	18.012	15.413	38.507	1.15	509	9.60	39.33	3.97
			17.984	15.616	38.364	1.15	492	9.55	38.80	3.93
21	Y19	方 铅 矿	17.991	15.626	38.402	1.15	498	9.57	39.02	3.95
			17.983	15.486	38.579	1.16	338	9.29	38.44	4.01
22	Y20-1	黄 铁 矿	18.014	15.536	38.362	1.16	376	9.38	37.83	3.90
23	Y20-1	方 解 石	18.014	15.486	38.383	1.16	311	9.28	37.39	3.90
24	Y24-1	闪 锌 矿	18.029	15.643	38.465	1.15	491	9.60	39.24	3.96
25	Y24-2	黄 铜 矿	17.968	15.627	38.473	1.15	515	9.57	39.49	3.99
26	Y25	闪 锌 矿	18.086	15.675	38.675	1.15	488	9.65	40.12	4.02
27	Y28-1	方 解 石	18.105	15.741	38.759	1.15	548	9.78	41.04	4.06
28	Y29	方 解 石	18.068	15.518	38.537	1.16	315	9.34	38.08	3.95
29	Y30	方 铅 矿	18.010	15.647	38.458	1.15	509	9.61	39.36	3.97
30	Y30-1	闪锌矿(深色)	18.012	15.634	38.479	1.15	493	9.58	39.31	3.97
			18.072	15.725	38.718	1.15	554	9.76	40.91	4.06

续表

序号	样号	样品名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	模式年龄(Ma)	μ	ω	κ
31	Y30-2	闪锌矿(浅色)	18.199	15.716	39.245	1.16	456	9.72	42.31	4.21
32	Y31-1	深色闪锌矿	17.980	15.550	38.300	1.16	418	9.41	37.90	3.90
33	Y31-2	浅色闪锌矿	18.072	15.644	38.642	1.16	462	9.59	39.75	4.01
34	Y31-3	方铅矿	17.973	15.579	38.274	1.15	457	9.47	38.11	3.88
35	Y31-4	黄铁矿	17.972	15.535	38.276	1.16	405	9.39	37.69	3.89
36	Y33-1	斑铜矿	18.047	15.669	38.568	1.18	441	8.84	35.06	3.84
37	Y33-2	黄铜矿	18.687	15.734	39.143	1.15	464	9.50	38.32	3.90
38	TZ49	方铅矿	18.010	15.599	38.323	1.15	454	9.51	38.30	3.99
39	TZ50A	方铅矿	18.328	15.639	38.345	1.17	274	9.55	36.95	3.74
40	TZ50B	斑铜矿	18.003	15.589	38.301	1.16	447	9.49	38.15	3.89
41	RZ1	辉铜矿	18.044	15.648	38.440	1.15	436	9.60	39.09	3.94
42	RZ2	方铅矿	18.034	15.591	38.280	1.16	427	9.49	37.90	3.86
43	RZ3	黄铜矿	18.075	15.678	38.537	1.15	499	9.66	39.62	3.97
44	RZ4	斑铜矿	18.063	15.688	38.599	1.15	518	9.68	40.06	4.00
45	RZ5	斑铜矿	18.010	15.623	38.363	1.15	482	9.56	38.71	3.92
46	Z9	方铅矿	18.247	15.779	39.001	1.16	494	9.84	41.60	4.09
47	Z8	黄铜矿	18.303	15.659	38.437	1.17	316	9.59	37.66	3.80

注:样品 37—46 由广东 723 队选送,37—39 采自下石炭统碎屑岩中,40—45 采自壶天群碳酸盐岩中,46 采自忠信组砂岩中。

2. 银屎铅锌矿床铅同位素 银屎铅锌矿床的铅同位素跟玉水铜矿床有显著的差别,放射成因铅,特别是 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 要高得多,变化也相对大一些。

(1) 岩石铅:测定了 9 个灰岩及白云质灰岩的铅同位素组成,放射成因铅相对较高、变化较大, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.517—19.845, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.613—15.776, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.674—39.001,模式年龄除两个分别为 157、299Ma 外,其余均为负值, μ 值在 9.42—9.69 之间, ω 值在 32.70—39.89 之间,大部分数据落在正常铅零等时线上边和右边。是上地壳环境中演化的多阶段铅或混合铅。299Ma 与地层时代一致,因此,很可能现在获得的岩石铅同位素组成是地层铅与地层沉积后放射成因铅混合的结果,虽然变化大但线性关系很差,不能计算多阶段年龄(表 1—4,图 1—6)。

表 1—4 银屎铅锌矿围岩铅同位素组成及源区特征值

样品编号	岩石名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	模式年龄(Ma)	μ	ω	κ
Ys-3	白云质灰岩	18.594	15.699	38.915	1.18	157	9.64	38.39	3.85
Ys-6	灰岩	18.517	15.772	39.001	1.17	299	9.79	39.89	3.94
Ys-12	白云质灰岩	18.901	15.695	38.865	1.20	-71	9.60	36.50	3.68
		18.989	15.690	38.842	1.21	-143	9.59	35.92	3.63
YS-15	白云质灰岩	19.267	15.703	38.886	1.23	-333	9.59	34.85	3.51
Ys-16	白云质灰岩	19.035	15.679	38.674	1.21	-192	9.56	34.96	3.54
Ys-20	灰岩	19.236	15.613	38.776	1.23	-137	9.42	33.81	3.47
Ys-27	白云质灰岩	19.005	15.664	38.887	1.21	-189	9.53	35.78	3.63
YS-29	灰岩	19.177	15.614	38.681	1.23	-390	9.43	33.74	3.46
Ys-32	灰岩	19.845	15.776	38.839	1.26	-671	9.67	32.70	3.26

(2) 矿石铅:总的来看与岩石铅差别不大,大致落在同一区域内,分布在 0—200Ma 之间。 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化比岩石铅要小一些,为 18.605—18.738, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比变化比岩石铅要