

我国层控铅锌矿床某些地球

化学特征及其找矿标志

罗 年 华

(桂林冶金地质学院)

层控铅锌矿床在我国铅锌矿产资源中的储量和产量都占有重要地位。这类矿床的特点是：储量大，分布广，产于一定的层位，并受一定的岩相控制。本文仅从地球化学角度阐明该类矿床的特征，初步探索其找矿标志。

矿床地球化学特征

(一) 古地理条件及地球化学背景 我国层控铅锌矿床产出的空间往往与古地理条件有关。目前所发现的层控铅锌矿床，大多数赋存在古隆起和沉降的边缘或过渡带的局部坳陷中，即大多位于古隆起长期剥蚀后，随之海侵，沉积了碳酸盐岩或碎屑岩与碳酸盐岩互层的半封闭沉降区。如四川大梁子、天宝山等铅锌矿床，位于康滇古陆和会理古岛隆起与震旦纪灯影组灰岩沉降的边缘过渡地区(图1)；甘肃西成铅锌矿带位于前泥盆纪隆起与泥盆纪沉降的边缘；湖南禾青—白云铺铅锌矿床产于雪峰古陆与泥盆纪沉降带中；广东凡口铅锌矿床处于寒武纪隆起与泥盆纪和石炭纪沉降带中。

层控铅锌矿床在古隆起与沉降带的边缘地带成矿，不是偶然的。铅锌在陆壳不同构造单元中的分布(表1)表明，地质(地台)区铅锌分布量分别为陆壳的71.5%和69.91%，占陆壳的2/3以上，显生代褶皱区的铅锌仅占陆壳铅锌的1/3。这充分体现出古陆铅锌分布量较大，从而为含矿层的形成提供了物质来源。

与我国几个层控铅锌矿床毗邻的古陆，都是铅锌的高背景区：凡口铅锌矿床寒武纪地层铅平均含量为273ppm，锌为264ppm，分别为同类岩石丰度的22.7倍和5.5倍；白云铺铅锌矿带中雪峰古陆寒武纪地层Pb、Zn平均含量均为130ppm，分别为同类岩石丰度的11倍和2.7倍；栖霞铅锌矿床附近前震旦纪地层Pb平均含量为110.1ppm，Zn平均含量179.7ppm，分别为同类岩石丰度的9倍和3.4倍。禾青和栖霞两铅锌矿中，铅同位素组成均匀，变化范围为0.73~1.03，年龄5.68~7.07亿年^①，说明禾青铅来

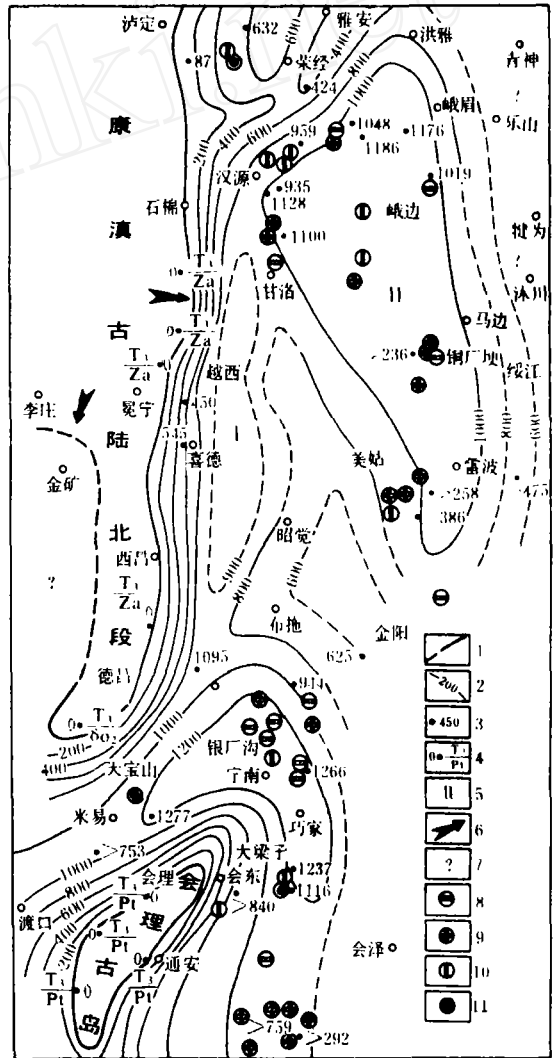


图1 康滇地轴北段古地理图
(据王则江资料简化)

1—古陆界线；2—上震旦统厚度等值线；3—地层剖面位置及厚度；4—缺失上震旦统后接触关系；5—碳酸盐岩台地编号；6—沉积物搬运方向；7—地层厚度或岩相不明；8—同生沉积层状铅锌矿；9—同生沉积层状和裂隙充填脉状铅锌矿；10—裂隙充填脉状铅锌矿；11—岩溶洞穴沉积铅锌矿

^①江苏冶勘810队，南京栖霞山铅锌矿床成矿模式研究，1983年。

铅锌在陆壳不同构造单元的分布

表 1

构造单元	丰度 (ppm)		质 量 ($\times 10^6$ 地克)	分布量 ($\times 10^6$ 地克)		分布系数 (%)	
	Zn	Pb		Zn	Pb	Zn	Pb
地质(地台)区	83	13	10.51	872.33	136.63	71.53	69.91
显生代褶皱区	77	13	4.51	347.27	58.47	28.47	30.03
陆 地 地 壳	80	13	15.02	1219.60	195.26	100	100

源于寒武纪地层, 栖霞铅来源于前震旦纪地层。

(二) 沿积建造及地球化学环境 我国的层控铅锌矿床可分为地槽型和地台型, 不同类型的含矿岩系建造特征不同。地槽型含矿岩系为细碎屑岩和碳酸盐岩建造, 矿床的围岩可分为三类: 碳酸盐岩: 砂页岩或变质的片岩、千枚岩; 海相酸—中酸性火山喷发沉积岩。地台型矿床主要是在碳酸盐岩为主的建造中, 其中的铅锌矿床绝大部分属于滨海—浅海相, 矿化与海侵层位底部海退层的岩相有关, 受一定的建造和岩

相控制。

沉积建造和岩相对层控铅锌矿床起控制作用, 主要是由于不同的建造和岩相形成的地球化学环境不同。现以凡口铅锌矿为例加以说明。矿区含矿岩系主要是中晚泥盆世滨海—浅海相沉积的碳酸盐岩建造, 以砂岩、泥灰岩、灰岩、白云岩为主, 岩石中的微量元素Cr, V, Ti, B, Ni, Co, Sb从老到新丰度递减, Pb, Zn, Ag从老到新丰度递增(表2)。从元素地球化学性质来看, 前者以亲氧元素为主, 后者

凡口含矿岩系微量元素丰度 (ppm)

表 2

时 代	样品数	Cr	V	Ti	B	Co	Ni	Sb	Pb	Zn	Ag
中 早 泥 盆 世	3	266	300	3000	195	17	33	68	20	50	0.12
中 泥 盆 世	20	103	93	1236	28	14	23	54	106	57	0.29
晚 泥 盆 世	28	53	27	1013	13	13	14	50	139	97	0.85

均为亲硫元素。这体现出该沉积建造是在由富氧贫硫, 逐渐变化到贫氧富硫的环境中形成的。

从沉积建造中形成的岩石, 自生矿物组合、有机

质含量、岩石颜色及微量元素组合特征(表3)可以看出:

凡口含矿岩系沉积建造特征

表 3

时 代	岩 石	颜 色	自生矿物	主要富集元素
D ₁ gt	砂质页岩、粉砂岩、石英砂岩、砾岩	紫 红 色	赤 铁 矿	Cr, Ti, V
D ₂	D ₂ d ^a 泥质岩、粉砂岩、白云岩	灰黑色、青灰色	重 晶 石	Mn, Ba
	D ₂ d ^b 白 云 岩、灰 岩	深灰色、灰色	白 云 石	Mn, Ba
D ₃	D ₃ t 灰岩、生物碎屑、藻灰结核	深灰色、灰色	黄 铁 矿	Pb, Zn, Ag
	D ₃ m 砂质页岩、白云岩、粉砂岩	灰 黑 色	鲕绿泥石、菱铁矿	Cr, V, Ti

1. 中早泥盆世时期: 以碎屑岩建造为主, 均为硅铝质岩石, 呈紫红色。自生矿物是赤铁矿, 系在强氧化条件下形成, Fe在表生沉积的pH值为2.2~5.8。岩石中富集的元素为Cr, V, Ti均为亲氧元素, 其中Cr表生沉积pH值为5~6.5。以上特征体现出该时期成岩的地球化学环境为氧化酸性条件。

2. 中泥盆世时期: 沉积以灰岩和白云岩为主, 自生矿物以重晶石为特征, 表明沉积环境氧、硫均不足。岩石中富集微量元素Mn和Ba, 变价元素Mn在灰岩中往往呈低价, 其表生沉淀的pH值为8.3, 白云岩中Mg沉淀的pH值为9.6, 综合诸多因素, 表明该

时期沉积地球化学环境是弱还原的碱性条件。

3. 晚泥盆世时期: 分为下部和上部两种情况。下部天子岭组(D₃t)以灰岩为主, 富含生物碎屑和藻灰结核。自生矿物是黄铁矿, 其形成习性为富硫的还原条件。岩石中富集Pb, Zn和Ag, 均属亲硫元素。在表生条件下, Pb, Zn沉积的pH值分别为7.5~12和6.8~13.5。以上特征反映了该时期的成岩地球化学环境为碱性还原环境。上部帽子峰组(D₃m), 以碎屑岩为主, 为灰黑色砂页岩和部分白云岩, 自生矿物有鲕绿泥石和菱铁矿, Fe以2价为主, 有少许3价铁出现。岩石中Cr, V和Ti均为亲氧元素, 表生

条件下Cr, Fe沉淀的pH值均显酸性。因此, 该时期应是在还原酸性地球化学环境成岩。

综上所述, 凡口含矿岩系沉积建造的地球化学环境变化过程是: 由强氧化弱酸性→弱还原弱碱性→还原碱性→弱还原弱酸性。Pb, Zn富集于天子岭组的碱性还原环境。

(三) 含矿层位及铅锌丰度 目前我国已发现的层控铅锌矿床成矿时代和层位主要有:

前震旦系——辽宁青城子, 内蒙狼山铅锌矿床。

震旦系——河北高板河, 辽宁关门山, 四川天宝山、大梁子等铅锌矿床。

奥陶系——广西佛子冲, 广东曲江、周田铅锌矿床。

泥盆系——甘肃西成、广东凡口、大宝山、兴新、天堂, 广西泗顶等铅锌矿床。

石炭系——贵州水城, 云南会泽, 江苏栖霞山、广东杨柳塘等铅锌矿床。

二叠系——云南富乐铅锌矿床。

白垩至第三系——云南兰坪、金顶铅锌矿床。

不同矿区、不同时代的含矿层中Pb, Zn丰度都较高(表4), 如以地壳沉积岩Pb, Zn平均丰度为背景, Pb为4~11倍, Zn为1.1~6倍, 证明层控铅锌矿床的形成确实有同生矿源层存在。

某些层控铅锌矿床

含矿层位铅锌丰度(ppm) 表4

矿区名称	时代	层位	Pb	Zn
栖霞山	石炭系	C ₁	270~300	300
阳春	泥盆系	D ₃ m	147	55
凡口	泥盆系	D ₃ t	139	97
大宝山	泥盆系	D ₂ d ⁴	72	101
禾青	泥盆系	D ₁ d ¹⁻²	114	172
白云铺	泥盆系	D ₂ d ¹⁻²	93	319
西成	泥盆系	D ₃ d ₁ ¹⁻³	89	62
银洞沟	泥盆系	D ₂ d ₂ ¹⁻²	88	119
	泥盆系	D ₂ d ₂ ¹⁻³	73	111
关门山	震旦系	Z ₁	292	242
大梁子	震旦系	Zbd ²	78	115
银厂沟	震旦系	Zbd ²	128	80
徽海卡	震旦系	Zbd ²	55	65
狼山	晚元古代	Ptl ₂	50	63

(四) 矿床类型及元素组合特征 我国层控铅锌矿床类型目前已知的有沉积变质型、沉积再造型、沉积改造型及沉积热液改造叠加型四类。矿物和元素组合简单是各类型的共同特征。金属矿物主要是方铅

矿、闪锌矿、黄铁矿, 其次是黄铜矿、毒砂、磁黄铁矿、菱铁矿等。各种矿物在不同类型、不同的矿区出现的程度不同。不同类型元素组合(表5)的共同点是: Pb, Zn, Ag, Cd, S, Ni, Co, Cu在各类型矿床中都有。不同的是: 沉积热液改造叠加型有W, Sn, Bi, Mo; 沉积改造型有Mo, Hg, Ba; 沉积再造型有Ga, Ge, In, Mn; 沉积变质型有Au, As。

不同类型层控铅锌矿床元素组合 表5

矿床类型	元素组合	代表矿床
沉积变质型	Pb, Zn, Ag, Cd, S, As, Au, Co, Ni, Ba, Cu	厂坝、银洞沟、狼山
沉积再造型	Pb, Zn, Ag, Cd, Ba, Cu, S, Ga, Ge, In, Mn, Ni, Co	李家山、大梁子、禾青
沉积改造型	Pb, Zn, Ag, Cd, S, Hg, Ni, Co, Mn, Cu, Ba, Mo	白云铺、凡口、栖霞山
沉积热液改造叠加型	Pb, Zn, Ag, Cd, S, Cu, W, Sn, Bi, Mo, Co, Ni	大宝山、天堂

元素之间的相互关系和成因可从因子分析结果(表6)得到说明。厂坝成矿元素Pb, Zn在两个因子中出现。刘广富同志认为^②: F₁因子的Pb, Zn,

不同矿床类型元素组合因子分析结果 表6

矿区	类型	因子分析结果
厂坝	沉积变质型	F ₁ : Pb, Zn, S, Cd, Ag F ₂ : Ga (Sb) F ₃ : Pb, Zn, S, Au, As F ₄ : In, Au
禾青	沉积再造型	F ₁ : Zn*, Pb*, Ag*, Co*, Mn*, Ni* F ₂ : Sr, Cr*, V* F ₃ : Hg, Cd F ₄ : Mo, V, Ag, Cd, Pb
凡口	沉积改造型	F ₁ : Pb, Zn, Ag F ₂ : Cr*, Cu*, Ba* F ₃ : Mn, Ni F ₄ : Cr*, Mo
大宝山	沉积热液改造叠加型	F ₁ : Pb*, Bi, Mo, Ag, Zn F ₂ : W, Sn F ₃ : Cu

* 不考虑正负, 只考虑元素组合。

②刘广富等: 西成铅锌矿床地球化学特征, 1982年。

Ag为同生沉积阶段组合; F_1 因子中的Pb, Zn为后期变质阶段的组合。禾青矿床中, 据吴悦斌同志解释^③: F_1 因子中Pb, Zn, Ag是同生沉积形成, F_2 因子中的Pb, Ag, Mo为后生改造形成。凡口矿床为沉积改造型, 其 F_1 因子中的Pb, Zn, Ag为同生沉积形成, 这与东岗岭、天子岭地层因子分析Pb, Zn, Ag共因子是一致的。大宝山矿床 F_1 因子中的Pb, Zn, Ag为同生沉积形成, 而Mo, Bi为改造叠加形成。

不同地区、不同类型矿床Pb, Zn, Ag共因子, 且均以第一因子为主。不同人的分析结果均认为是同生沉积形成, 体现了层控铅锌矿床的共性。矿体中元素组合关系又有所不同。这就为区分不同类型提供了地球化学标志。

(五) 硫同位素组成特征 层控铅锌矿床是属于硫化物类型的矿床, 硫的来源对层控铅锌矿床成因是一个重要因素, 同时硫同位素特征对不同类型也是一个重要的区分标志。

我国层控铅锌矿床的硫同位素组成特征(表7)绝大多数富重硫, 部分富轻硫, δS^{34} 变化率均大大超过5%, 这与岩浆源的硫同位素变化率 $< 5\%$ 明显不同, 表明以沉积的硫酸盐和生物硫来源为主。这与

层控铅锌矿床硫同位素组成特征 表7

矿床类型	矿床名称	$\delta S^{34} \%$
沉积变质型	甘肃西成	18~24%
	内蒙东升庙	22.8~27.6%
	辽宁关门山	4.95~27.13%
沉积改造型	湖南禾青	0.2~-27%
沉积改造型	广东凡口	14.50~26%
	广西乐梅	2.4~26%
	贵州杉树林	10~18%
	广西酒顶	-19~10%
	江苏栖霞山	4.5~-27.4%
	湖南白云铺	-21.81~33.28%
沉积热液改造叠加型	广东大宝山	1.8~5.9%

国外层控铅锌矿床具有一致性, 大宝山矿床的硫同位素变化率 $< 5\%$, 而与陨硫硫相近, 说明其硫源为岩浆源和沉积硫源混合, 体现了矿床热液改造作用比其他类型强烈。

矿床地球化学异常特征

层控铅锌矿床的化探工作, 近几年来大量开展,

获得了不少有意义的异常, 经验证, 找矿效果良好。现将不同地区、不同类型矿床上的异常特征初步归纳如下:

1. 矿体和含矿层的基本元素组合Pb, Zn, Ag, Cd, S, Cu, Co, Ni等也是异常的基本元素组

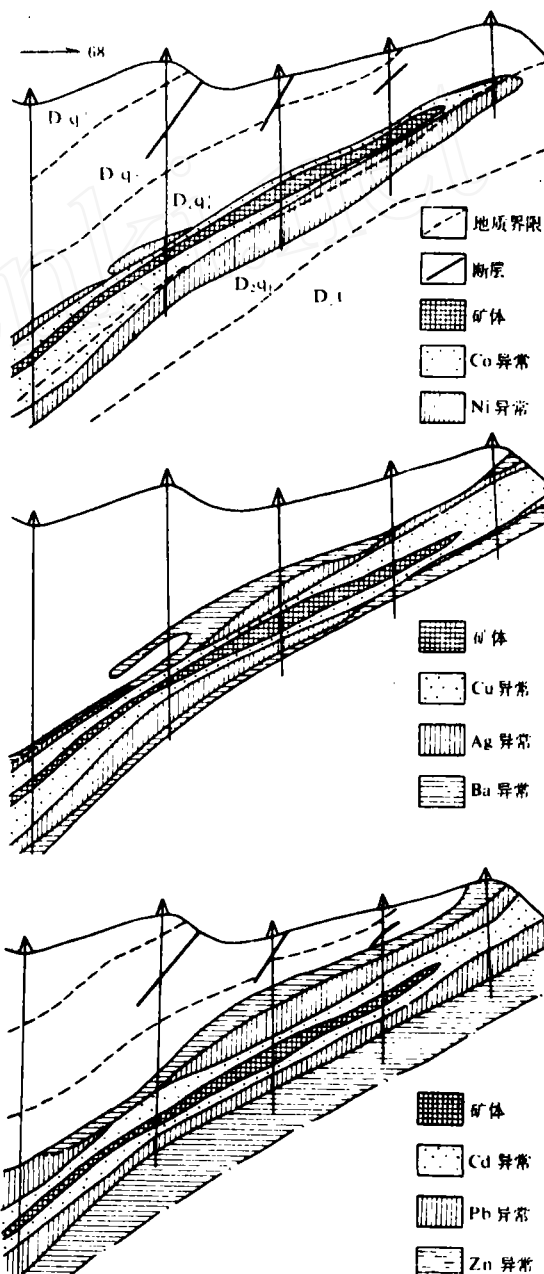


图2 白云铺铅锌矿区5线

钻孔原生晕异常
(据姚锦琪资料修改)

③吴悦斌等: 大宝山西翼层控铅锌矿带地球化学初步研究, 1982年。

合。无论是原生晕、次生晕还是分散流都是如此，这从西成、禾青、凡口、大梁子、狼山、栖霞山等矿区不同空间的地球化学异常元素组合充分体现出来。

2. 地球化学异常的形态、空间展布与矿体和含矿层的形态和空间展布具有一致性。如西成矿体呈带状分布，次生晕异常也是沿含矿层呈带状。再如康滇地轴北缘含矿层呈环状产出，该区分散流异常也呈环状。不仅在平面上如此，在剖面上也具有相似的特征，如白云铺的原生晕异常（图2）明显受矿体和含矿层的形态和空间展布的制约。

3. 层控铅锌矿床的地球化学异常具元素分带特征。如大宝山矿床异常分带序列是：W→W(Mo)→Mo→Cu(Mo)→Cu→Cu, Pb, Zn→Pb, Zn→Zn；西成铅锌矿床的异常分带序列是④：F→As(Cl)→Pb, Zn→Cu→Mo→Ni, Co。

4. 在盲矿体上方常出现明显的卤族元素和易挥发性元素异常。如邓家山盲矿上方有As, F异常；凡

工作时，注意F, Cl及易挥发性元素Hg, As是有意义的。

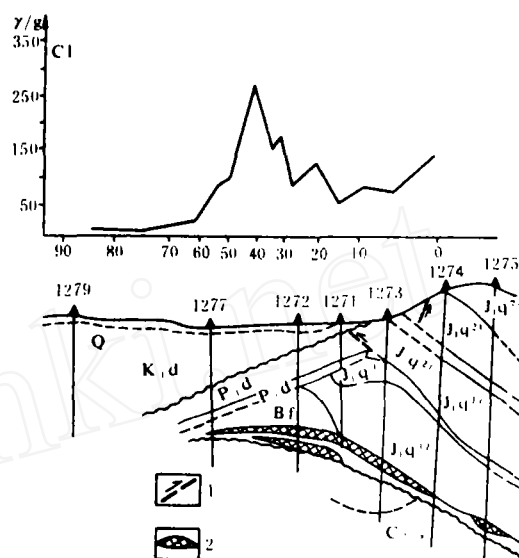


图4 康家湾铅锌矿床127线次生晕氯异常
(据林明静)

Q—冲积层；K₁d—粉砂岩、细砂岩及层间角砾层；J₁q—长石英砂岩、泥质砂岩和底砾岩；P₁d—炭质砂页岩互层、硅质泥灰岩及含燧石灰岩；C₂₋₃—白云岩、白云质灰岩及少量页岩；Bf—断层破碎带；1—断层及推测断层；2—矿体

5. 层控铅锌矿床的矿致异常往往出现在具有一定范围的高背景值地区，沉积再造和沉积改造型尤为显著。如康滇地轴北缘的大中型层控铅锌矿床，几乎都在Pb, Zn, Ag, Ba的高背景的异常区中。

研究方法及找矿评价标志

(一) 层控铅锌矿床的地球化学研究方法

对该类矿床的地球化学研究，着重点有两个方面：一是研究矿源层形成的地球化学性状；二是成矿的地球化学富集因素。前者主要针对区内出露的不同时代地层、不同岩性中的Pb, Zn和伴生元素，以及常量元素的分布、分配和丰度进行分析对比，从而阐明形成含矿层的物质来源，含矿层中Pb, Zn分散富集性状，并确定是否可以构成矿源层。后者则是在前者的基础上，进一步根据含矿岩系沉积建造和岩相中的微量元素、常量元素、岩石特征、自生矿物、有机物等探索成矿地球化学环境和条件。进而阐明成矿的富集因素。

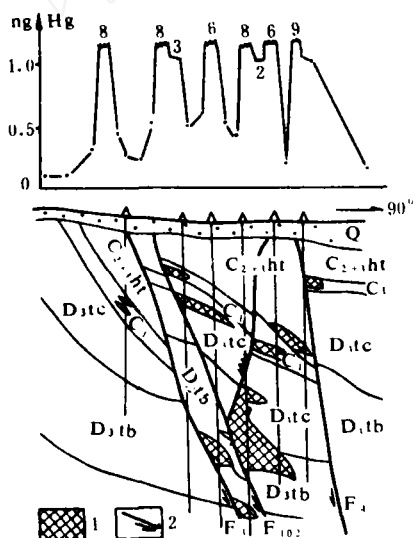


图3 凡口203线化探综合剖面图

C_{2,3}ht—壶天群白云岩、白云质灰岩；C₁—砂页岩夹泥灰岩；D₁tc—天子岭上亚组砂页岩、鲕绿泥页岩；D₁tb—天子岭中亚组花斑状灰岩；1—铅锌矿体；2—断层

口矿区盲矿体上方有Hg异常（图3）；康家湾盲矿体上方有Cl异常（图4）。在层控铅锌矿床上进行化探

④王庭基：西成铅锌矿田地球化学模式及评价指标的初步认识，1982年。

(二) 层控铅锌矿床的地球化学找矿评价标志

1. 层控铅锌矿床主要赋存于古陆与沉降的边缘过渡带。其地球化学标志是古陆具有成矿元素的高背景值层, 一般Pb, Zn丰度为同类岩石的平均丰度几倍到几十倍。而沉降地区具有含矿层, 时代主要是泥盆纪、石炭纪、震旦纪等, 含矿层Pb的丰度一般在70~300ppm, Zn在100~350ppm, 而富集成矿的地球化学环境是半封闭泻湖相, 弱碱性或碱性的还原环境。

2. 层控铅锌矿床上指示元素主要是Pb, Zn, Ag, Cd, Cu, Ni, Co, Ba等。其中Pb、Zn、Ag往往为正相关, 在因子分析中三元素共因子, 而

且常构成第一因子。不同的矿床类型其特征元素是: 沉积变质型有Au, As; 沉积再造型有Ga, Ge, In; 沉积改造型有Mo, Hg, Ba; 沉积热液改造叠加型有W, Sn, Bi等。

3. 层控铅锌矿盲矿体有明显的F, Cl, Hg, As异常。

4. 层控铅锌矿的异常具有分带性, 其分带序列大多是: F(Cl)—Hg(As)—Pb, Zn—Cu—Ni—Co。

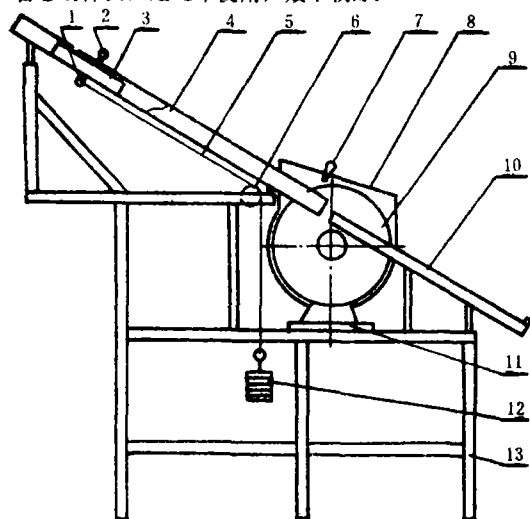
5. 层控铅锌矿床上异常形态和空间展布受含矿层位和矿体形态及空间分布的制约。

机械岩心切样机

夏菊卿 陆东澜

(中南冶金地质勘探公司608队)

小口径金刚石钻进的岩心直径较细, 在取样化验时, 如采用锤击式岩心劈开机, 操作危险, 又切不均匀, 影响化验结果。为此, 我们设计加工了一台机械式岩心切样机, 经几年使用, 效果较好。



岩心切样机结构图

- 1—拉环螺栓; 2—拉栓; 3—给进栓; 4—送样管; 5—拉绳; 6—换向滑轮; 7—冷水咀; 8—防护罩; 9—金刚石切片; 10—接样槽; 11—砂轮机; 12—重锤; 13—机架

该机结构(见图)是将普通砂轮机两端的砂轮拆

掉, 装上两片金刚石锯片, 用金刚石钻具的内管(与岩心口径同级)作送样管, 送样管上部开一宽槽, 槽宽略大于岩心直径, 以便装入岩心; 下部开一条8毫米的窄槽, 拉环螺栓可以在内滑动。拉栓、拉环螺栓都用螺扣拧在给进栓上。将内管剖切成两半, 装于切刀两侧作接样槽。岩心装入送样管中, 加压重锤通过拉绳、换向轮、拉环螺栓, 给进栓, 将恒定压力加在岩心上, 使岩心沿送样管推向金刚石切片刀。岩心切毕, 给进栓上的拉栓顶到了送样管上的槽沿而停止给进。切好的岩样, 按先后顺序落入接样槽内。金刚石切片刀由冷却水喷嘴供冷水冷却。

该机优点:

1. 结构简单, 制造容易, 造价低廉。
2. 操作简便、省力、安全, 岩心不必夹持。其管内每次可装60厘米长的岩心。
3. 效率较高, 一人可操作两台切样机。岩心硬度(可钻性)在6~7级时, 一小时可切十余米。
4. 切出样心质量好, 切面光滑平整。
5. 切岩心时的给进力, 可通过调节重锤重量来达到要求。

其缺点是每一种直径岩心, 就要做一种规格的送样管、接样管。此问题有待进一步解决。