第22卷 第6期 地質与勘探 Vol. 22, No. 6
1986年6月 GEOLOGY AND PROSPECTING June, 1986

金顶氧化铅锌矿石中镉的赋存状态

张丽彦 杨锡惠

（北京矿冶研究总院）

矿工作

云南省兰坪县金顶矿床是目前我国已发现的最大铅锌矿床，在世界上已发现的大型铅锌矿床中名列第四。兰坪氧化铅锌矿石中，除铅锌外，还含有硫、镉、铊、银、锶、钡等多种有益组份。其中镉含量高达0.15%，同时也是一个大型镉矿床。因此，查明矿石中镉的赋存状态，对矿床的综合评价和矿产的综合利用，都是十分必要的。

兰坪矿区分为北场、架崖山、峰子山、西坡、南厂和白草坪等六个矿段。昆明冶金研究所和云南省地矿局实验室曾在该区做了大量工作，本文在此基础上，研究了以锌为主的、储量最大的北场矿段氧化铅锌矿石中镉的赋存状态，并与架崖山矿段进行了比较。

氧化铅锌矿石的物质成分

北场和架崖山氧化铅锌矿石都是以锌为主，架崖山矿段的锌品位要比北场矿段高一倍，但含镉量均在0.15%以上，矿石化学分析结果见表1

两个矿段中的矿物种类基本相同，只是矿物量有差别（见表2）。架崖山和北场氧化铅锌矿石中的主要锌矿物有菱锌矿、水锌矿、闪锌矿和异极矿，还有黑锌锰矿和铅硬锰矿；主要铅矿物有白铅矿、方铅矿、铅矾和少量磷氯铅矿；还有可供综合利用的黄铁矿、白铁矿、褐铁矿、重晶石、天青石等。脉石矿物为方解石和石英。此外，两个矿段均含多种镉的独立矿物。

架崖山的锌矿物含量比北场多一倍以上。虽然两个矿段的锌矿物都以菱锌矿为主，但就锌矿物的相对占有率来看，北场比架崖山的菱锌矿少而异极矿和闪锌矿多。两个矿段的脉石矿物差异也较大，北场以石英为主，架崖山以方解石为主。

镉的赋存状态

镉是分散元素，其重量克拉克值为1.3×10^{-5}%，本矿床镉的富集程度虽很高，但比主元素锌的含量要低几十倍。在矿石的众多矿物中均不同程度地含镉元素。不过，本区的镉矿物一般颗粒都比较细小，因此，查明镉的主要载体矿物及其存在形式，是一项非常重要而又困难的工作。研究过程中除用常规手段外，主要采用了先进的扫描电镜、电子探针技术，进行微区微量分析。本文是这部分工作的反映。

1. 镉在各种矿物中的分配

通过架崖山和北场矿段氧化铅锌矿石中部分单矿物的化学分析，可以了解镉在这些矿物中的分配情况，见表3、4、5。

从表3、表4可见，镉在多种矿物中都有分布，但主要集中在锌矿物中，除异极矿外，所有的锌矿物都含镉。在架崖山灰岩型氧化铅锌矿石中，镉主要富集在菱锌矿、褐铁—菱锌矿、碳酸盐矿物中，分别占47.00%，20.21%和15.75%。各种颜色的菱锌矿含镉量不同，而以黄绿色、腊黄色菱锌矿含镉最高。水锌矿含镉1%左右，但水锌矿本身含量很低。

北场的闪锌矿含镉0.985～1.68%，架崖山的闪锌矿含镉0.26%。北场的闪锌矿占矿段总锌矿物量的23.01%；架崖山的闪锌矿占该矿段总锌矿物量的14.99%。可见，北场砂岩型氧化铅锌

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

架崖山和北场氧化矿石多元素分析结果（%）　表1

矿段	Pb	Zn	Cd	Tl	Ga	In	Ge	S	BaO	SrO	Fe	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	CO_2	Mn	Cu	Ag (g/t)	Au (g/t)
架崖山	1.61	14.06	0.18	0.0052	0.0002	<0.0002	0.0003	3.32	2.36	0.74	5.60	25.61	0.81	6.37	0.65	17.88	0.52	<0.01	10.00	0.10
北场	1.95	7.45	0.15	0.0021	0.0004	<0.0002	0.0003	2.45	1.36	0.09	5.32	9.46	0.26	50.18	2.50	9.46	0.28	0.19	22.50	—

架崖山和北场主要矿物相对含量（%）　表2

矿段	矿物量（%）	锌矿物					铅矿物				脉石及可供综合回收的矿物									矿物总量
		菱锌矿 水锌矿	闪锌矿	异极矿	锌矿物总量	白铅矿	方铅矿	铅矾	铅矿物总量	方解石	石英	粘土矿物	褐铁矿	黄铁矿	重晶石	天青石 菱锶矿	其他	脉石总量		
架崖山	含量	18.98	3.98	3.69	26.65	1.24	0.27	0.13	1.64	45.73	6.07	1.87	9.46	2.77	3.49	1.05	1.27	—		100
	占有率	71.22	14.93	13.85	100	75.61	16.46	7.93	100	63.77	8.47	2.61	13.19	3.86	4.87	1.46	1.77	100		—
北场	含量	6.21	2.83	3.26	12.30	1.36	0.52	0.14	2.02	16.55	49.18	4.20	9.83	2.13	2.07	0.27	1.45	85.68		100
	占有率	50.49	23.01	26.50	100	67.33	25.74	6.93	100	19.32	57.40	4.90	11.47	2.49	2.42	0.31	1.69	100		—

架崖山部分单矿物中镉的分配率　表3

矿物名称	矿物含量（%）	Cd品位（%）	配分量	配分率（%）
方铅矿	0.27	未测	—	—
碳酸盐矿物	49.63	0.039	0.019	15.75
黄、白硫铁矿	1.59	0.011	0.0002	0.16
菱锌矿	13.46	0.43	0.06	47.00
氧化铁矿物类	8.8	0.033	0.003	2.35
褐铁矿—菱锌矿	4.22	0.59	0.025	20.21
闪锌矿	3.12	0.26	0.008	6.57
粘土矿物类	4.53	未测	—	—
水锌矿	0.98	1.0	0.0098	7.95
合计			0.125	100.00

*昆明冶金研究所分析。

各种颜色菱锌矿含镉量化学分析结果（%）　表4

各种颜色菱锌矿	Cd	Fe	MnO
黄绿色菱锌矿	1.51	0.26	0.07
腊黄色菱锌矿	1.45	—	—
淡黄绿色菱锌矿	0.78	1.54	0.25
淡蓝色菱锌矿	0.525	0.26	0.03
肉红色菱锌矿	0.394	0.15	0.07
无色菱锌矿	0.24	0.10	0.02
无色菱锌矿	0.434	—	—
浅绿色菱锌矿	0.299	—	—

*云南地矿局第三地质队分析。

北场闪锌矿组分分析结果（%）　表5

元素	Zn	S	Fe	Ag	Cd	Tl	Ge	In
化学分析	51.34	—	0.38	0.00032	0.985	0.001	0.00033	痕量
能谱分析	68.49	29.82	—	—	1.68	—	—	—

*昆明冶金研究所分析。

矿石中镉的载体矿物主要是闪锌矿，其次才是菱锌矿。

2．镉在各载体矿物中的存在形式

研究表明，镉的存在形式主要有四种．即：以细脉状CdS形式存在于具环带结构的闪锌矿晶界和裂隙中；呈细粒浸染状分布在闪锌矿中；呈菱镉矿（$CdCO_3$）微粒存在于菱锌矿中；以类质同象替代形式存在于闪锌矿和菱锌矿中。

通过扫描电镜能谱分析，研究了北场砂岩型氧化铅锌矿石闪锌矿和菱锌矿中镉的赋存状态。硫镉矿（CdS）的能谱图（图1）反映的是闪锌矿中的硫镉矿小包体。由于硫镉矿颗粒细小，因此把基质闪锌矿已收进来了．结果显示的是闪锌

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

矿与硫镉矿的能谱。

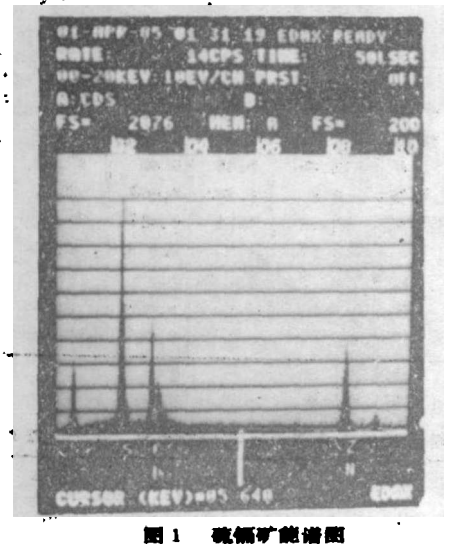

图 1　硫镉矿能谱图

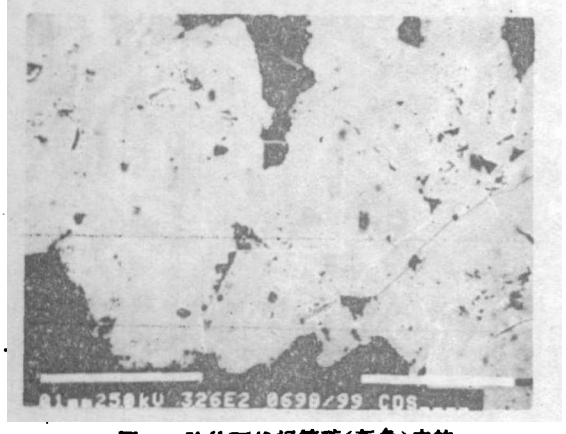

图 2　胶体环状闪锌矿（灰色）中的硫镉矿细脉（白色）的二次电子象

图 3　硫镉矿细脉（图 2 方框部分放大5700倍）的背反射电子象

北场矿段的闪锌矿含镉较高，光片的探针分析查明，这里闪锌矿中的镉主要以硫镉矿的形式存在，镉的分布不均匀。由图 2 可见，胶体环状闪锌矿中分布有宽仅 1 μ左右的硫镉矿细脉和网脉。图 3 是图 2 方框部分放大5700倍的图象。图 4、5是Zn$K\alpha$和Cd$L\alpha$特征X 射线象。硫镉矿的能谱分析结果见表 6 。

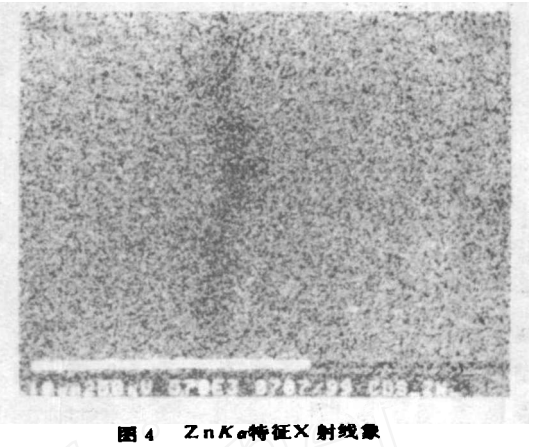

图 4　Zn$K\alpha$特征X 射线象

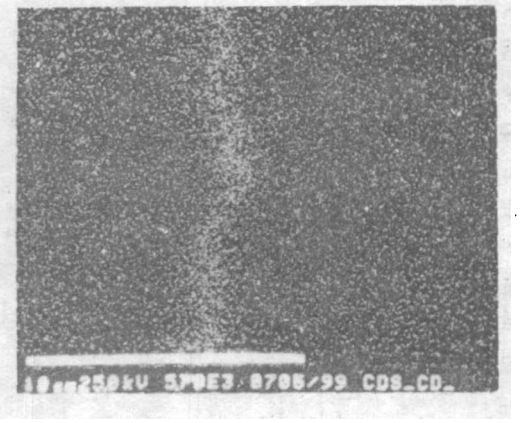

图 5　Cd$L\alpha$ 特征X 射线象

包裹在闪锌矿和菱锌矿中的硫镉矿能谱分析结果　　表 6

包裹在闪锌矿中的硫镉矿			包裹在菱锌矿中的硫镉矿		
组成元素及线系	重量百分比	原子百分比	组成元素及线系	重量百分比	原子百分比
SK	25.52	49.09	S K	8.19	12:57
CdK	48.93	26.84	Cd$L\alpha$	30.52	13.35
ZnK	25.55	24.09	Zn$K\alpha$	49.24	37.04
			O	12.05	37.04
总计	100.00		总计	100.00	

由于硫镉矿的粒度和电子束直径均为 1 μ左右，受X 光效应影响，在定量时包含着周围基质

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

闪锌矿的成分。Zn：S及Cd：S的原子比近似为1：1，故认为是闪锌矿中的硫镉矿包体。此外，闪锌矿中还见有呈细粒浸染状产出的硫镉矿，其粒径约1μ。

菱锌矿中也见有浸染状的细小硫镉矿。图6所示为放大5950倍的菱锌矿（灰色）中的硫镉矿（白色）包体，粒径约1μ。图7、8、9分别为S$K\alpha$，Zn$K\alpha$和Cd$L\alpha$的特征X射线。包裹在菱锌矿中的硫镉矿能谱定量分析结果见表6。由于硫镉矿颗粒细小，定量时包含着基质菱锌矿的成分。分析结果表明，S：Cd的原子比近似于1：1，与CdS基本相似。

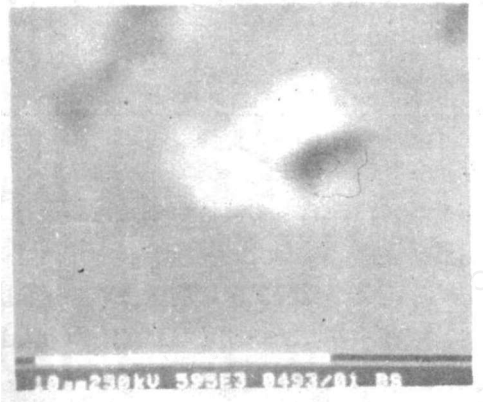

图6　硫镉矿背散射电子象

图7　S$K\alpha$特征X射线象

菱锌矿中常常见有粒径小于74μ的闪锌矿包体，后者又包裹着粒径约1μ的硫镉矿。根据笔者在扫描电镜下观察，这是镉的一种主要赋存形式。

在架崖山灰岩型氧化铅锌矿中，菱锌矿含镉不均匀，往往有富集区。探针分析无硫，但有镉、碳、氧和锌。由于颗粒小，难以确定是基质的锌还是矿物本身的锌；因此，是$CdCO_3$抑或是$(Cd, Zn)CO_3$尚有待证实。昆明冶金研究所认为，架崖山氧化铅锌矿含有0.18%的菱镉矿。北场菱锌矿中未发现菱镉矿。

镉除呈硫镉矿包体形式存在外，还有一部分是呈类质同象形式存在的。X射线面分布图表明，闪锌矿中镉的分布是均匀的。对一些微区进行了定量统计，均发现含有微量镉，但放大到扫描电镜的极限倍数，也未找到镉的独立矿物。在菱锌矿中也有类似情况。

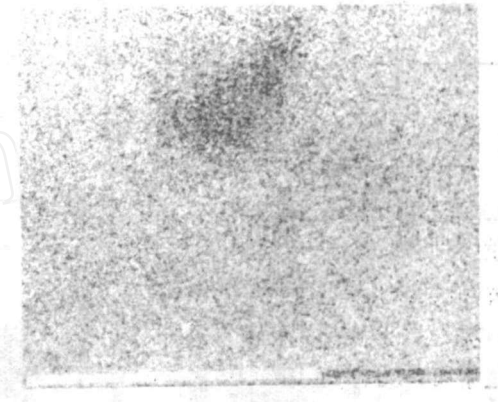

图8　Zn$K\alpha$特征X射线象

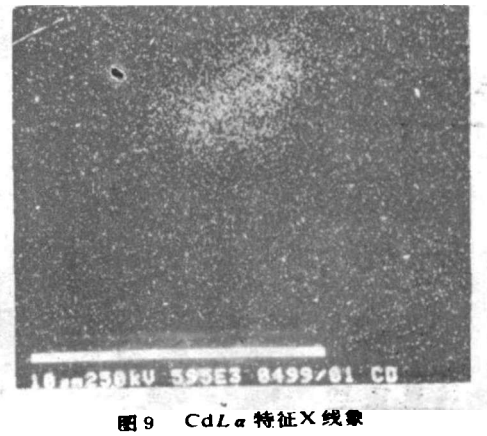

图9　Cd$L\alpha$特征X线象

镉在部分选矿产品中的走向

架崖山矿段矿石主要选矿产品多元素分析结果列于表7、表8。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

主要选矿产品多元素分析结果（%）　　表7

选矿产品	Pb	Zn	S	Cd	BaO	SrO	CaO	MgO	SiO_2	Fe	Ge	In
氧化锌精矿	0.975	34.96	0.95	0.46	2.02	0.98	7.60	0.59	7.16	4.75	0.0003	—
硫化锌精矿	0.305	59.21	29.28	0.97	—	—	—	—	—	1.60	0.0008	0.0005
矿泥	1.71	11.56	1.35	—	3.69	3.04	25.73	1.40	6.89	6.60	—	—

氧化锌精矿筛水析产品分析结果　　表8

粒级，mm	产率，%	品位，%			分布率，%		
		Pb	Zn	Cd	Pb	Zn	Cd
+0.074	17.70	0.70	40.00	0.34	12.72	19.86	17.19
0.074～0.053	9.67	0.78	40.85	0.39	7.74	11.08	10.78
0.053～0.043	6.38	1.00	43.30	0.45	6.55	7.80	8.20
0.043～0.037	15.22	0.78	39.40	0.35	12.19	16.83	15.22
0.037～0.020	25.31	0.88	36.60	0.37	22.87	25.99	26.76
0.020～0.010	11.73	1.11	30.28	0.33	13.37	9.96	11.06
-0.010	13.99	1.71	21.60	0.27	24.56	8.48	10.79
合计	100.00	0.97	35.64	0.35	100.00	100.00	100.00

从表7、表8可以看出，镉随锌的富集而富集，二者为正消长关系。硫化锌精矿中镉的品位可达0.97%，而氧化锌精矿中只有0.46%，说明架崖山灰岩型氧化铅锌矿中闪锌矿所含的镉，比菱锌矿所含的镉，更易于在锌精矿中富集。

随着氧化锌精矿粒度变细，其Cd/Zn值也随之增大，说明细粒精矿中的镉更富集。

结　　论

1.北场氧化铅锌矿，部分镉以硫镉矿的微细包体形式赋存于载体矿物中，另一部分则呈类质同象存在于其他矿物中。

2.北场矿段镉的主要载体矿物是闪锌矿，其次是菱锌矿。

3.架崖山氧化铅锌矿中镉的主要载体矿物是菱锌矿，褐铁—菱锌矿和碳酸盐矿物，其次是闪锌矿。碳酸盐矿物含镉0.039%，分配率15.75%，但因在选矿过程中进入尾矿而无法利用。镉的独立矿物是菱镉矿，同时镉也呈类质同象赋存在载体矿物中。

4.锌精矿中的镉随锌的富集而富集；硫化锌精矿中镉的富集程度远远超过氧化锌精矿。

介绍一种电法勘探用的新电源

科技信息

长期以来，在直流电法勘探野外工作中，通常是用45伏B电池作电源，通过串并联获得所需要的电压和电流。由于这种电池组的电流容量有限，寿命不长，因此成本很高。虽体积小、重量轻、便于搬运，是其优点，但是因为所供电流不大，只适用于在供电距离不大的况情下工作，勘探深度受到限制。近年来，采用大功率（几百瓦）汽油内燃机驱动的发电机，虽可以获得强大的供电电流，可是由于发电机的体积和重量均较大，搬运不便，只能将其固定安放，在大面积范围内使用。

轻工业部电源科学研究所设计，江苏太仓化学电源厂生产的一种蓄电池，以工程塑料作外壳，密封性能特佳，体积小，重量轻，长期使用不需加酸或蒸馏水，使用方便，价格便宜。备有稳压稳流充电器，可为蓄电瓶充电使用。产品有几种规格，其中12伏、最大电流5安的6－D－14电瓶，非常适合电法勘探工作使用。产品自问世以来，深受用户欢迎。　　［王玉书］

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net