川西呷村式银多金属矿找矿模式雏议

段克勋

（四川省地矿局108地质队）

摘要：呷村式银多金属矿产于义敦岛弧发育晚期环境，在成因上与钙碱性火山岩系的偏酸性流纹质火山岩的海底喷发作用有关。矿带位于流纹质火山岩顶部与上覆结晶灰岩的接触界面附近，由上而下依次分为重晶石一铜铅锌银一铅锌三个矿体带。矿床地质的和地球物理的找矿标志明显。实践证明，以岛弧火山岩为对象，综合运用地质、物探、化探成果，在判定火山杂岩体的矿化地段，进行工程揭露验证是经济有效的找矿模式。

关键词：呷村银多金属矿　流纹质火山岩　岛弧环境　找矿模式

呷村银多金属矿床位于四川西部甘孜藏族自治州白玉县昌台区麻邛乡境内，昌台北西27km处，海拔4100—4600m。

矿床产于义敦岛弧发育晚期环境，在成因上与钙碱性火山岩系的偏酸性流纹质火山岩的海底喷发作用有关。有两种矿石类型：气液喷流沉积的块状硫化物富矿，是主要的多金属银矿层，产于流纹质火山岩顶部接触界面上；脉状和网脉状铅锌矿位于块状矿层之下，一般为似层状透镜体。岩矿石中的铅、锶、硫等同位素成分，显示准同生沉积和地幔源的特点。成矿温度78—250℃，盐度5.1—9.58wt%(NaCl)，pH值大于4.89。这些成矿特点都与日本黑矿矿床十分相似。经详查和勘探，共探明12种矿产储量，已探储量相当于六个大型(铅、锌、银、汞、镉、重晶石)矿床，五个中型(铜、金、锑、镓、硫)矿床，一个小型(硒)矿床，其中主金属铜铅锌总储量×××万吨，银储量××××吨，是一个特大型的银多金属矿床。

呷村矿床的发现，展现了昌台一乡城地区良好的银多金属矿成矿远景。为了查明成矿地质背景和成矿机理，寻找更多的呷村式矿床，80年代先后开展了昌台幅与辽西幅1/5万区调、呷村典型矿床研究、"三江"课题呷村专题研究、呷村银矿专题研究和外围的普查找矿工作，大大提高了呷村矿床的研究程度，在矿床外围找到了大型嘎衣穷矿床和中型胜莫隆矿床。本文拟利用上述研究成果，探讨呷村式矿床的找矿思路、方法和找矿模式，与同行们商讨。

1　矿床简要地质特征

1.1　成矿地质背景

呷村矿区位居松潘-甘孜印支褶皱系中的玉树-义敦优地槽褶皱带的中段。呷村矿床位于昌台复式背斜西翼、呷村倒转背斜东翼，具有一定层位。用板块构造观点去认识这个优地槽，它反映了晚三叠世前后古火山岛弧这段历史。石炭纪以前它是扬子古陆的西缘，古特提斯洋的北支。晚石炭一早二叠世以后，由于特提斯板块向扬子板块俯冲，导致扬子板块西缘产生地堑，地垒式断裂和裂谷作用；在晚二叠世一晚三叠世形成古义敦岛弧带。三叠纪末期会聚成陆。所以

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

说玉树-义敦优地槽褶皱带实质上是一个古岛弧碰撞-褶皱带。呷村矿床形成于义敦古岛弧带昌台火山岩集中区的火山机构围限盆地中，由火山喷气-热液充填交代和海底沉积作用生成，具内生外沉积特点。

1.2　岛弧火山岩

区内出露地层主要是上三叠统曲嘎寺组、图姆沟组和拉纳山组，是一套由浅变质的陆源碎屑岩，灰岩夹海相喷发的基、中、酸性火山岩组成的火山-沉积建造，部分碎屑岩具浊流沉积特征。中基性—酸性火山岩主要赋存在曲嘎寺组和图姆沟组地层中，构成两个火山喷发-沉积旋回。即卡尼期火山喷发-沉积旋回和诺利早期火山喷发-沉积旋回。前者以中酸性—基性火山岩为主，根据沉积夹层和岩性变化，由老至新由玄武质→安山质→流纹质可以划分为三个火山喷发-沉积亚旋回；后者以中—酸性火山岩为主，由老至新由安山质→流纹质也划分为三个火山喷发-沉积亚旋回。岩石化学研究表明。主要是钙碱性火山岩。按里特曼 logt 与 logδ 关系图解和查瓦里茨基火山岩自然组合图解判别生成环境，为岛弧及活动大陆边缘的火山岩。银多金属矿化赋存于各火山喷发-沉积亚旋回的顶部与上覆沉积变质岩的接触界面附近，其中以诺利晚期喷发-沉积旋回的流纹质火山岩的顶部附近矿化最强，矿床规模最大。呷村银多金属矿床等有重要经济意义的矿床，皆产于该含矿部位。

1.3　矿化特征

呷村矿床近于南北展布。0线以南浅部向东倾斜，斜角 78°，4050m 标高以下向西倒转，倾角 80°。浅部次级小褶曲发育，使矿带和矿体的形态复杂化(见图 1)。

呷村床床由 62 个矿体组成矿带，其中具有一定规模的工业矿体 14 个(铜铅锌银矿体 2 个，铅锌矿体 7 个，重晶石矿体 5 个)。矿带呈近南北向延伸，长 1939m。其中 3 线以北剥露地表，长 1080m，宽 50—220m，延深大于 600m。在水平断面和横剖面图上，矿带总的形态呈歪斜的漏头状展布，与近矿围岩——流纹质火山岩和结晶灰岩整合产出、同形褶皱，产状基本一致。多金属矿石在矿带中具有明显的垂直分带性，由上而下，由新而老可依矿物组合、有用元素组合和矿石结构构造划分为三个主要的矿石、矿体带。

(1)重晶石矿石带。矿体呈层状。长 60—483m，厚 1.64—42.5m，垂深 30—334m，产于结晶灰岩底部。上部为重晶石矿层、下部为重晶石银多金属矿层，二者呈条带状过渡关系。矿石具半自形粒状结构、块状构造，由于重晶石与多金属硫化物呈条带状相间，显示残余层状和微层构造。矿

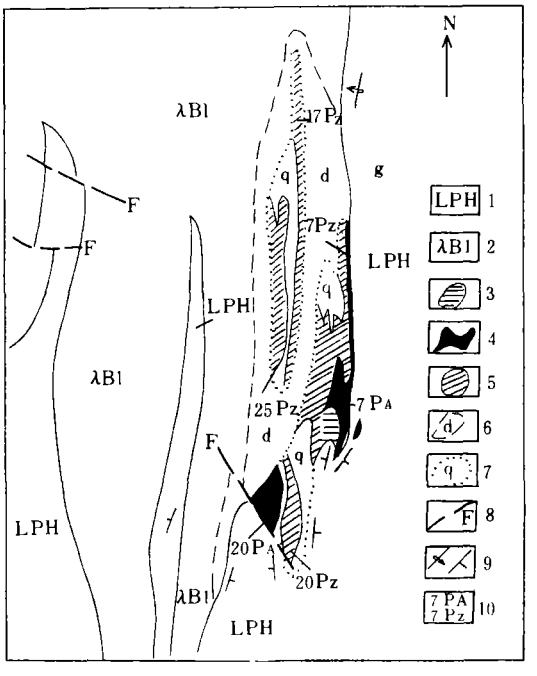


图 1　呷村矿床蚀变分带平面图

1—绿片岩相(千枚岩、结晶灰岩等)；2—绿片岩相流纹质火山岩；3—重晶石矿体；4—块状矿体；5—网脉浸染状矿体；6—绢云母化带；7—次生石英化带；8—断层；9—地层产状；10—矿体编号

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

石含 $BaSO_4$ 13.54%—99.03%，矿体平均品位 66.95%—90.01%。

(2)铜铅锌银矿石带。矿体呈层状，长 1200m，厚 5—15m，垂深 492m，主要矿物成分是闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黝铜矿，少量黄铜矿和斑铜矿，微量辉银矿、汞银金矿。脉石矿物以重晶石、石英、绢云母为主。硫化物总量 10%—80%，块状硫化物矿条、矿层一般为 60%—80%。细粒半自形一它形晶结构和包含结构，块状、层纹状、角砾状构造。矿体平均含 Cu 1%、Pb 6.27%、Zn 9.24%、Ag 248.6g/t，伴生金、锑、镉、镓、汞、硫，可以综合回收利用。

(3)铅锌矿石带，矿体呈分枝复合的似层状透镜体产于铜铅锌银矿层之下。矿体长 30—1575m，厚 2—85.11m，垂深 150—600m 以上。矿石矿物主要是黄铁矿、闪锌矿和方铅矿。脉石矿物以石英和绢云母为主，含少量钡冰长石和绿泥石。中一细粒半自形一它形晶结构、交代结构发育，脉状、网脉状构造、矿体平均含 Pb 1.51%、Zn 2.14%、伴生 Ag 30.6g/t。

1.4　成矿围岩蚀变

以次生石英岩化为主，主要发生在铜铅锌银矿层以下的铅锌矿石带中。中心部位及其上部为次生石英化和钡冰长石化，周围环绕着绢云母化，向外蚀变逐渐减弱。

矿床成因属海相火山喷气-热液沉积矿床，具内生外沉积特点。重晶石矿层、银多金属床层属海底火山喷气-热液沉积成因，脉状、网脉状铅锌矿系热液充填交代成因，它们都是喷气-热液在不同物理化学条件下的沉淀物。

2　找矿特征标志

2.1　地质特征标志

(1)地质环境标志。呷村式矿床都属于黑矿型矿床，毫无例外地产于晚三叠世义敦岛弧带的主火山弧范围内，受火山喷发集中区的火山堆积围限盆地和火山机构的断裂控制。因此，义敦岛弧带的主火山弧、特别是其中的火山岩集中区，是寻找呷村式矿床的最有利的地区。

(2)火山岩标志。含矿火山杂岩属基性—中酸性火山岩，以中酸性为主，深部分异或分熔性好，喷出生成从基性—中酸性，即从安山玄武质→安山质→流纹质的火山喷发旋回和亚旋回。每一个旋回和亚旋回的喷发间隙期都有多金属矿化、矿点或矿床分布，但以最晚的诺利克期火山喷发旋回的喷发间隙期矿化最强，是呷村式矿床的主要赋存层位。以钙碱性火山岩为主，有少量碱性流纹岩。

(3)矿化分带标志。矿化分带明显，由上而下，由新至老依次为重晶石矿→块状银多金属矿→网脉状铅锌矿。与之对应存在主要成矿元素的垂直分带，依次为 Ba→Ag、Cu、Pb、Zu→Pb、Zn。

(4)围岩蚀变标志。围岩蚀变主要表现为流纹质火山岩的次生石英岩化，伴随有黄铁矿化、钡冰长石化和高岭土化。交代作用的主要产物是次生石英岩-绢云母次生石英化流纹质火山岩。主要共生矿物组合是绢云母-钡冰长石-石英。根据矿物含量划分为两个蚀变带，即绢云母化带(含绢云母大于 25%)和次生石英化带(含石英、钡冰长石总量大于 75%)。蚀变作用只发生在铅锌矿带及其近矿围岩中，块状铜铅锌银矿层以上基本上没有蚀变。蚀变范围的形态与矿带形态基本一致，呈歪斜的漏斗状，上部及根部为次生石英化带，四周环绕着绢云母化带。

2.2　地球物理特征标志

呷村 1034 件物性样测定结果，岩、矿石电阻率差异明显：块状多金属矿 29×10^{-6}—$150\times10^{-6}\Omega\cdot m$，矿化流纹岩 55×10^{-6}—$1800\times10^{-6}\Omega\cdot m$，流纹岩 430×10^{-6}—$2569\times10^{-6}\Omega\cdot m$，英

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

安岩－玄武岩 1000×10^{-6}—$8075\times10^{-6}\Omega\cdot m$，板岩 $767\times10^{-6}\Omega\cdot m$，碳质板岩和灰岩 5×10^{-6}—$403\times10^{-6}\Omega\cdot m$。因此，只需排除碳质板岩和灰岩的干扰。使用电法找矿将取得较好的效果。实践表明。自然电场法稳定性好，受温度、时间、地形变化影响甚小，具有较好的找矿功能。矿区 1/2000 自然电场测量结果，自电异常形成以剥露的多金属矿体为中心的完整异常，总长 1980m，宽几十米至 350m，最大幅值－380mV。异常带与矿带分布范围基本一致，半值点反映了矿体宽度。检查自电异常，发现了第四系覆盖下的 25 号铅锌矿体，达中型规模。

此外，在呷村式的嘎衣穷、胜莫隆矿区，岩、矿石的极化率差异明显：含矿火山岩为 14%—19%，无矿火山岩 3%，板岩、灰岩 1%—4%，利用激发极化法找矿的条件和效果好。实测成果表明，异常分布与矿带展布基本一致，异常极值达 73%，一般为 30%—40%，对指导找矿，扩大矿床远景起了重要作用。

2.3　地球化学特征

2.3.1　岩石地球化学特征

(1)岩石中成矿元素，伴生元素和指示元素的丰度和浓集系数。

“三江”课题呷村专题研究中系统采集了矿区外、I 剖面、3、12、24、31、32 等五条勘探线的地球化学样品，总计 521 件，并取得了 45 个元素的分析数据，其中 Hg、Ag、Au 分析精度为 10^{-9}，其它为 10^{-6}。

从呷村矿床的简要地质特征，确定其成矿元素是 Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Ba；主要伴生元素是 Cd、Hg、As、Sb；用相关分析和 R 聚类分析方法确定的指示元素是 Mo、Zr、Ti、Y。这些元素的地区、矿区和矿床丰度见表 1。

从表 1 可以看出，地区、矿区和矿床中岩石的成矿元素和主要伴生元素的丰度较大，一般都高于地壳同类岩石的维诺拉多夫值，浓集系数 0.14—53，一般为 2—22。除 Mo 以外，指示元素丰度都小于维诺拉多夫值，但 Mo 的岩石丰度较大，浓集系数 0.42—5.04，在矿区和矿床中均大于 1。

值得着重指出的是：岩石中成矿元素、伴生元素和指示元素(Mo)的丰度和浓集系数呈有规律的变化。同类岩石中矿床的丰度和浓集系数大于矿区的，矿区的大于地区的；在各类岩石中酸性火山岩的丰度和浓集系数最大。实质上，它反映了呷村矿床的富集特征，说明矿质来源于酸性火山岩浆的分馏热液。这种分布规律可以作为判定岛弧火山岩含矿性和矿床赋存部位的重要标志。

(2)岩石地球化学异常特征：为了研究岩石中成矿元素、伴生元素和指示元素的地球化学异常特征，需要确定上述元素的异常下限，并对异常进行浓度分带。为此，对全区 521 件岩石地球化学分析成果进行统计分析，确定的三级浓度分带值列于表 2 中。

地表及 3、12、24、31、32 等五条勘探线成矿元素、伴生元素和指示元素的异常分布可以看出：第一，主要成矿元素、伴生元素异常，与已知矿带、矿体吻合，而且矿石愈富异常值愈高。内带与块状矿分布一致，中、外带与网脉状铅锌矿体赋存部位一致。第二，Ba、Zr、Ti、Y 异常只分布在矿带、矿体中部和主矿体分布地段。第三，矿带、矿体尖灭端有成矿元素、伴生元素的弱异常，说明前晕和尾晕的存在。但是，前晕和尾晕的元素组合无明显差别，只有根据元素的富集方向才能判定：向深部含量增高，表现为前晕；反之，向深部含量降低，表现为尾晕。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1　呷村地区成矿元素、伴生元素丰度值(10^{-6})和浓集系数*

地区	岩石	样品数	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	Ba	Cd	Hg	As	Sb	Mo
地区丰度	酸性火山岩	18	5.72 (0.27)	31.02 (1.48)	50.01 (0.82)	0.1434 (2.81)	0.0183 (4.07)	922.75 (1.11)	<1	0.0300 (0.37)	0.950 (0.63)	1.3575 (5.22)	0.7500 (0.68)
	中性火山岩	27	27.11 (0.77)	33.57 (2.24)	86.53 (1.20)	0.1463 (2.06)	0.0034 (0.83)	384.74 (0.59)	<1	0.0896 (0.98)	2.2304 (0.93)	1.2514 (5.96)	0.7091 (0.78)
	基性火山岩	9	71.08 (0.65)	30.03 (3.71)	90.95 (0.70)	0.1142 (1.04)	0.0039 (0.95)	423.51 (1.37)	<1	0.0911 (1.00)	2.7333 (1.30)	1.9065 (1.73)	0.5889 (0.42)
	沉积变质岩	13	14.23 (0.25)	45.11 (2.15)	108.09 (1.33)	0.20191 (1.84)	0.0022 (2.00)	577.15 (0.71)	/	0.0755 (0.19)	/	/	/
矿区丰度	酸性火山岩	68	16.84 (0.80)	160.50 (7.64)	192.99 (3.16)	1.27 (24.90)	0.0088 (1.96)	855.00 (1.03)	5.17 (47)	2.04 (25.18)	9.51 (6.84)	3.70 (14.23)	3.13 (2.84)
	中性火山岩	39	29.56 (0.84)	12.68 (0.85)	97.98 (1.36)	0.065 (0.62)	0.0021 (0.51)	500.00 (0.77)	2.36 (7.26)	0.083 (0.91)	5.80 (1.61)	0.14 (5.43)	3.48 (3.82)
	基性火山岩	29	45.35 (0.41)	55.19 (6.81)	91.19 (0.70)	0.071 (0.65)	0.0024 (0.59)	351.00 (1.13)	0.97 (5.10)	0.070 (0.77)	0.54 (0.26)	0.12 (0.11)	1.96 (1.40)
	沉积变质岩	42	26.25 (0.46)	37.44 (1.78)	66.06 (0.82)	0.161 (1.46)	0.0053 (4.82)	325.00 (0.40)	0.88 (2.84)	0.057 (0.14)	5.46 (0.83)	0.96 (3.69)	3.50 (1.67)
矿床丰度	酸性火山岩	256	35.41 (1.69)	167.16 (7.96)	259.40 (4.25)	0.967 (18.96)	0.0095 (2.11)	1787 (2.15)	2.34 (21.27)	1.785 (22.04)	32.22 (21.28)	13.78 (53)	5.55 (5.04)
	沉积变质岩	82	30.79 (0.54)	82.24 (4.20)	103.77 (1.28)	0.057 (0.52)	0.0063 (5.73)	469 (0.58)	0.86 (2.77)	0.113 (0.28)	7.54 (1.14)	3.762 (1.79)	2.60 (1.24)

* 括号内数字为浓集系数(根据"三江"呷村专题资料)

表2　呷村矿床成矿元素及微量元素异常浓度分带表(10^{-6})

带	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	Ba	Cd	Mo	Hg	As	Sb	Zr	Ti
内带	>855	>3312	>5616	>243	>0.153	>26037	>41.4	>157.5	>36.63	>870.3	>221.04	>1989	>49680
中带	285～855	1104～3312	1872～5616	8.1～24.3	0.051～0.153	8679～26037	13.8～41.4	52.5～157.5	12.21～36.63	290.1～870.3	73.68～221.04	633～1989	16560～49680
外带	95～285	368～1104	624～1872	2.7～8.1	0.017～0.051	2893～8679	4.60～13.8	17.5～52.5	4.07～12.21	96.7～290.1	24.56～73.68	221～663	5520～16560

(据"三江"呷村专题资料)

2.3.2　次生地球化学标志

1/20万河流重砂测量中,已知矿床分布区有金和重晶石异常,偶见铅族矿物;1/20万化探存在Ca、Pb、Ag、Au的复合异常,其中Cu 35×10^{-6}—51×10^{-6},Pb 10×10^{-6}—196×10^{-6},Ag 9×10^{-6}—968×10^{-9},Au 42×10^{-9}—169×10^{-9},一般高于地区背景值15—100倍。1/5万土壤化探有Cu、Pb、Zn、Ag、Ba的复合异常,其中Cu 50×10^{-6}—70.9×10^{-6},Pb 120×10^{-6}—203×10^{-6}Zn 40×10^{-6}—104×10^{-6},Ag 1×10^{-6}—2.45×10^{-6},Ba 250×10^{-6}—421×10^{-6},高于背景值5—20倍。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 找矿模式

综合呷村式矿床的地质特征和主要的地球物理及地球化学找矿标志，寻找呷村矿床必须在中小比例尺区调基础上，确定古岛弧火山－沉积岩区，以岛弧火山岩为对象；综合运用地质、物探、化探成果，分析、判定含矿的火山杂岩体及其矿化富集地段，通过工程揭露、验证和圈定矿体，是比较经济有效的找矿程序和步骤。

(1)确定含矿的火山杂岩体。含矿火山杂岩体深部岩浆分异或分熔性好，除安山质火山岩外，上部有较多的流纹质火山岩，属中酸性钙碱性系列，部分因蚀变作用呈钙性，严重贫 Na_2O、K_2O 和 CaO；岩石中主要成矿元素 Cu、Pb、Zn、Ag、Ba 含量高，浓集系数分别达 0、8、7、3、18、1，1∶20万分散流存在铅族和重晶石等重矿物异常和水系沉积物 Cu、Pb、Ag、Au 化探异常，高于地区背景值 15—100 倍。具备上述特征之一，可以初步确定为含呷村式矿床的火山杂岩体。

(2)寻找矿化富集地段。多金属银矿化位于火山喷发旋回或亚旋回的顶部接触界面附近，具有一定层位和明显的矿化垂直分带，由上而下依次为重晶石矿、块状多金属矿、网脉状铅锌矿，有时在重晶石层之上有喷气沉积的硅质岩；围岩蚀变以次生石英岩化为主，生成次生石英岩-绢云母次生石英化流纹质火山岩，主要在块状多金属银矿层之下；中大比例尺土壤化探 Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Ba 综合异常强度大，高于背景值 5—20 倍；有大比例尺自电异常和激电异常，其中自电异常强度达－380mV，激电异常视激化率达 30%—40%。具备这些特征可以初步确定为矿化富集地段。

(3)对矿化富集地段进行地质研究和工程揭露工作，寻找和圈定矿体。

插图清绘 张萍 (1993年2月27日收稿)

MY HUMBLE OPINION ABOUT PROSPECTING MODEL OF GACUN TYPE ARGENTIFEROUS POLYMETALLIC DEPOSITS IN WEST SICHUAN

Duan Kexun

(No. 108 Geological Party, SBGMR)

Abstract

Gacun type argentiferous polymetallic deposits are confined to rhyolitic volcanic rock belonging to calco－alkaline volcanic suite related to submarine eruption in the late Yidun island arc invironment. The ore belt occurs in contact between the rhyolitic volcanic rock and overlying crystalline limestone. In ascending order, the ores may be divided into three zones: Pb－Zn ore, Cu－Pb－Zn－Ag ore and barite zones. Geological－geophysical criteria for ore prospecting are clear. prospecting practice indicates that on the basis of geological, geochemical and geophysical data, making a prospecting in mineralized volcanic complex in the island arc environment is an effective and economic prosecting model.

Kty words: Gacun argentiferous polymetallic deposit, rhyolitic volcanic rock, island arc environment, prosppecting model.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net