

# VAMSD 矿床系列最基性端员——青海省 德尔尼大型铜钴矿床的地质特征和成因类型\*

王玉往 秦克章

(有色总公司北京矿产地质研究所, 北京)

**提 要:** 在调查分析德尔尼 Cu-Co (-Zn) 矿床地质特征的基础上, 结合矿床剖面, 针对矿区内容矿蛇纹岩类进行了系统的岩矿鉴定和地球化学研究, 确定矿区广泛发育的各类蛇纹岩基原岩主要为超基性角砾集块岩、凝灰岩等火山岩类。矿化产于橄榄质火山角砾岩及其上覆富镁质碳酸盐岩和火山沉积岩之间(中)。对该矿床岩浆熔离论和热液论的成因提出不同见解。将德尔尼型 Cu-Co- (Zn) 矿床作为火山岩块状硫化物矿床系列中的最基性端员明确划分出来具有重要意义。

**主题词:** 德尔尼 铜-钴矿床 蛇纹岩 基性-超基性火山岩 VAMSD 矿床系列

德尔尼矿床位于青海省玛沁县西南, 现已探明为一大型铜矿、钴矿, 中型锌矿, 特大型硫矿, 伴生的金和银分别达大、中型规模, 还伴生有 Se、Cd、In、Ga 等多种有益组分, 为我国较为独特的矿床之一。关于其成因归属, 自矿床发现以来就一直争论不休: 最早认为矿床产于超基性岩, 以 Cu-Co 组合为特征, 应属岩浆熔离型矿床; 之后, 发现矿床虽产于超基性岩, 但与岩浆型铜镍矿床相比, 无论矿物组合还是矿床地球化学特征都有明显差别, 于是有人将其归于与北侧印支-燕山期花岗岩有关的热液矿床, 但区内花岗岩体时代较新, 而矿体形成要早于岩体; 随着工作程度的提高, 许多学者从基础地质入手, 包括对矿体形态、产状、矿石特征等方面系统研究, 逐步提出德尔尼矿床为块状硫化物型(VAMSD型), 但认为矿床属塞浦路斯型, 与下伏深部玄武岩有关, 后经构造作用产生混杂堆积或超基性岩侵位使矿体与玄武岩分离。笔者在前人工作基础上, 通过对矿床和超基性岩的考证和对 VAMSD 型矿床主要金属组合系列的研究, 认为该矿床为一产于基性-超基性火山岩系组合, 与橄榄质火山岩有关的 VAMSD 矿床, 是 VAMSD 矿床系列中的最基性端员。

## 1 矿床基本特征与成因归属

### 1.1 产出环境及容矿岩系

矿床产于松潘-甘孜褶皱系(或称巴颜喀拉褶皱系)的阿尼玛卿山褶皱带东段, 据最近的研究表明<sup>①</sup>, 该褶皱带为一裂谷系。矿区主要由一套长英砂岩、硬砂岩等碎屑岩夹玄武岩、碳质板岩、粉砂质板岩、薄层灰岩、硅质岩等组成(图1)。该套地层时代归属尚有争议: 在 1/

\* 本文在第三届全国青年地质工作者学术讨论会中交流, 引起广泛讨论。该文由有色北京矿产地质研究所等承担的国家“八五”科技攻关祁连山项目“85-901-02-06”专题资助

王玉往, 男, 1965年生, 工程师, 1986年毕业于南京大学地质系, 从事海相火山岩及相关矿床研究。邮政编码: 100012  
1995-12-25 收稿; 1996-04-22 修改回

① 有色北京矿产地质研究所等承担的国家“八五”科技攻关项目“85-901-12”课题, 1995

20万区测资料(青海省地矿局, 1986, 1/20万区调报告果洛藏族自治州幅)中定为二叠系; 谭扬庚(1994)以两组同位素等时线年龄( $1027 \pm 108.4$ ) $\times 10^6$  a (Sm-Nd法)和( $627 \pm 34$ ) $\times 10^6$  a (Rb-Sr法)相佐, 认为含矿岩系年龄为中晚元古代<sup>[1]</sup>。我们认为二者属取证地点上的差异造成, 德尔尼矿带南北两侧断裂破碎带发育, 矿区元古界与区域二叠系之间是否存在构造不整合尚待进一步研究。有人推测元古界基底和超镁铁岩及相伴的硫化物矿床, 在二叠纪末—三叠纪, 沿着积石山深断裂发生底辟作用, 构造侵位于二叠系中<sup>[9]</sup>。区内大面积分布有超基性岩类, 从室内、外研究及相关资料来看, 岩相复杂, 至少有侵入岩(或堆晶岩)和火山

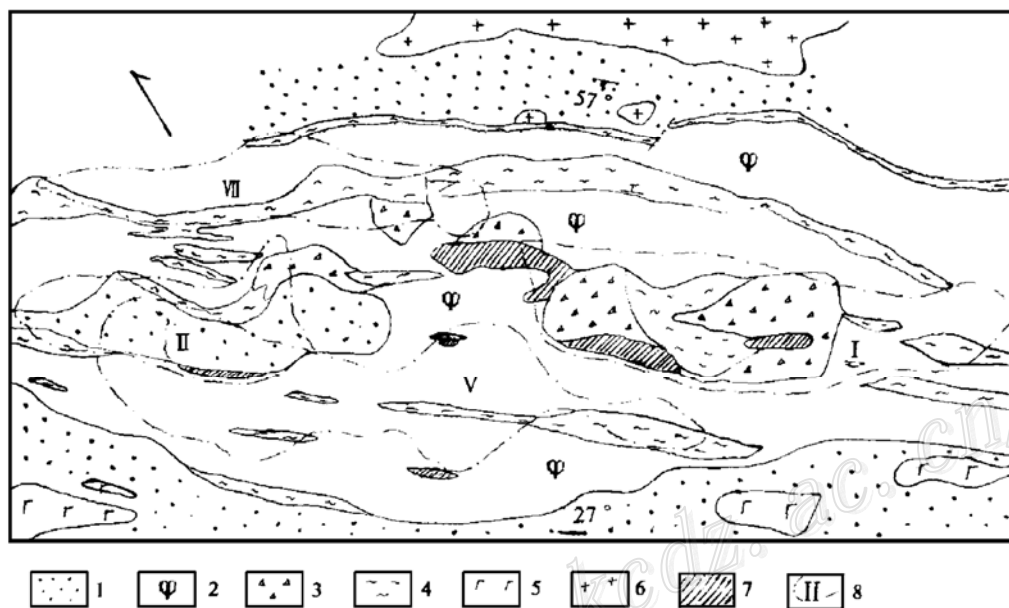


图1 德尔尼铜钴矿床矿区地质略图

(据章午生 1981 年资料修改)

1—新元古界(?)千枚状含碳质板岩、千枚岩, 夹变砂(砾)岩; 2—蛇纹岩; 3—角砾状蛇纹岩; 4—片状蛇纹岩; 5—玄武岩; 6—燕山-印支期花岗岩; 7—矿体地表露头; 8—矿体水平投影边界及矿体编号

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Deerni copper-cobalt ore district. 1—Neoproterozoic(?) phyllitic carbonaceous slate and phyllite intercalated with metasandstone (conglomerate); 2—Serpentinite; 3—Brecciated serpentinite; 4—Flaky serpentinite; 5—Basalt; 6—Yanshanian-Indosinian granite; 7—Outcrop of orebody; 8—Boundary of horizontal projection and serial number of orebody.

岩等岩相存在, 矿床即产于超基性火山岩中, 本文将在后面专门讨论。

德尔尼矿床主要由 I、II、V、VII 等四个主矿体(群)组成, 各矿体(群)规模均较大, 沿走向延伸千余米, 水平宽度数百米, 穿矿厚度数十米, 均呈似层状或透镜状产出, 其上下盘围岩多为各种蛇纹岩类(以角砾蛇纹岩为主), 部分矿体顶板为板岩、白云岩、蛇纹菱镁岩、变砂岩等, 矿体与围岩接触界线清楚, 与围岩同时褶皱。

矿床围岩蚀变广为发育, 其中以蛇纹石化(常见有纤维蛇纹石、叶蛇纹石、胶蛇纹石等)和碳酸盐化最为强烈和普遍, 此外还见有滑石化、绿泥石化以及硅化、金云母化、黑云

母化、钠闪石化、透闪石化、石榴石化等, 构成蚀变岩外带。而塞浦路斯型矿床围岩蚀变以绿泥石化、绿帘石化为主, 二者有明显差别。

## 1.2 矿石结构、构造及伴生组分

矿石构造以致密块状为主, 其次有条带状、浸染状、角砾状等, 分布不广, 偶有网脉状、胶状等。矿石结构主要为半自形粒状, 粒度一般小于 0.1mm (个别晚期网脉状黄铁矿大于 0.1mm), 其次有溶蚀结构、交代结构、乳滴结构、格状结构等等。矿石原生金属矿物主要为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿以及钴镍黄铁矿等等, 脉石以方解石、白云石为主, 次有石英、滑石、蛇纹石类、绿泥石类、闪石类矿物。主要有用组分 Cu 1.17% 左右, 个别达 10%; Zn 0.93%~2.21%, 个别达 7.28%; Co 0.054%~0.111%, 个别达 0.4%; S 一般 31.39%~33.48%, 个别达 50% (块状黄铁矿矿石); 伴生组分有 Au、Ag、Se、Cd、In、Ga 等。而 Ni 较低, 平均仅 0.041% (远低于其边界品位 0.2%); 铂族元素也极低, 仅 Pt、Pd 在  $0.01 \times 10^{-6}$  左右, 其他元素含量更微。我们知道, 铜镍型矿床一般以 Ni、Cu、铂族元素高为特点, Zn 一般较低, 海相火山岩 VAMSD 矿床一般 Cu、Zn、S 较高, 显然德尔尼矿床的成矿元素组合应属于 VAMSD 型。

## 1.3 碳、氧、硫同位素特征

据本次工作和前人资料<sup>[2,3]</sup>统计, 16 个矿石样品  $\delta^{34}\text{S}$  为  $-6.15\%$ ~ $+11.45\%$ , 总平均  $+6.37\%$ , 离差达 17.6% (可能部分来自海水), 与块状硫化物矿床范围接近<sup>[4]</sup>, 而与 Cu-Ni 型矿床  $\delta^{34}\text{S}$  多在零值附近集中的特点有明显区别, 如金川铜镍矿  $\delta^{34}\text{S}$  为  $-2.60\%$ ~ $+3.70\%$ <sup>[5]</sup>。

表 1 德尔尼矿床与金川铜镍矿和某些 VAMSD 矿床特征对比表

Table 1. Comparison of the Deerni deposit, the Jinchuan copper-nickel deposit, and some typical VAMSD deposits

矿床特征	岩浆熔离矿床	块状硫化物 (VAMSD) 矿床		德尔尼矿床
	中国金川铜镍矿 <sup>[6]</sup>	塞浦路斯 <sup>①</sup>	奥托孔普 <sup>②</sup>	
矿体主要围岩	辉橄岩、二辉岩、纯橄岩	枕状玄武岩、硅质岩	蛇纹岩、硅质片岩、碳质片岩	蛇纹岩、蛇纹碳酸盐岩、砂板岩、碳质板岩
矿体形态	不规则透镜状、似层状、囊状	薄透镜状、层状、网脉状	透镜状、似层状	似层状、透镜状
矿石主要构造	海绵陨铁状为特征的稠密及稀疏浸染状、星点状、块状	块状、网脉状、胶状	块状、细脉状、浸染状	块状、条带状、浸染状
主要矿石矿物	磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿, 黄铁矿较少, 闪锌矿罕见	黄铁矿、黄铜矿、少量闪锌矿	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、钴镍黄铁矿	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、钴镍黄铁矿
矿床主要元素组合	Ni、Cu、Se、 $\Sigma\text{Pt}$ 、Co、S	Cu、Zn、Co、Ag、S	Cu、Co、Zn、Au、Ag、S	Cu、Co、Zn、Au、Ag、S

①R. W. 哈钦森, D. L. 塞尔, 1971, 塞浦路斯层状黄铁矿床以及与其它硫化物矿床对比, 见地矿部情报所编, 国外黄铁矿型矿床, 246~254; ②中国有色总公司地质局国外铜矿编辑组, 1988, 国外主要铜矿实例, 152~156

有色西北地质研究所资料表明<sup>①</sup>, 德尔尼矿床蛇纹岩类和玄武岩的  $\delta^{18}\text{O}$  分别为 5.75‰~10.82‰和 8.39‰~9.28‰, 而矿石中方解石  $\delta^{18}\text{O}$  为 11.32‰~12.98‰, 可见水的来源与母岩有偏离。另据三个样品的方解石  $\delta^{13}\text{C}$  为 -2.013‰~+3.83‰, 具有海相沉积碳酸盐的特征。矿床的成矿温度在 200~350 °C<sup>[2]</sup>, 亦与块状硫化物型矿床范围相当, 比硫化铜镍矿床略低。

德尔尼矿床与硫化铜镍矿床(金川)和块状硫化物型矿床(塞浦路斯和奥托孔普)特征对比如表 1。从矿床上述基本特征不难看出, 德尔尼矿床无论其产出环境, 还是矿体形态产状、矿石组构、矿物及元素组合, 或同位素地球化学特征等, 均不同于岩浆熔离的铜镍型矿床或热液矿床, 而属于火山岩块状硫化物型。

## 2 容矿海相火山岩的识别及其特征

### 2.1 矿区超基性火山岩存在的证据

矿区超基性岩, 因绝大部分已蛇纹石化, 原生矿物和原生结构极少残留。通过大量的系统岩石取样、镜下观察, 并结合野外地质产状, 证实矿区存在有超基性火山岩类。

(1) 矿区广泛发育的角砾状蛇纹岩有火山角砾岩成分。其胶结物主要为蛇纹石和菱镁矿, 有时有少量纤维角闪石、滑石、绿泥石等, 可见有辉石晶屑假象; 角砾大小不一, 从 0.5~2 mm 的岩屑到几至几十厘米的角砾、集块均可见及, 其成分有蛇纹岩、基性凝灰岩、灰岩、透辉石岩等等, 常见为不规则状、次棱角状等。局部可见拉长椭圆形的蛇纹岩团块, 中心由微细粒状、针毡状蛇纹石、绿泥石交织而成, 推测为浆屑或玻屑所变。

(2) 超基性的凝灰岩。在矿区及西部扎崩沟一带可见有含辉石(假象)晶屑、基性凝灰岩岩屑的变凝灰岩, 由碳酸盐、蛇纹石、滑石、绿泥石等组成。还有一种具片理化构造, 纤维变晶结构的凝灰岩, 由橄榄石、辉石晶屑(假象)和纤维蛇纹石、绿泥石及少量磁铁矿、黄铁矿等组成。此外矿区内“片状蛇纹岩”极为发育, 可能系超基性凝灰岩类变质而来, 这与基性火山岩在浅变质过程中熔岩仍呈块状、凝灰岩则常呈片状(绿泥片岩)的变化过程相似。

(3) 矿区内, 特别是矿体上盘常盖有蛇纹石滑石白云岩、砂板岩。前者普遍含蛇纹石(有时呈岩屑), 可视为超基性的火山碎屑沉积岩相。

(4) 德尔尼矿区的块状蛇纹岩, 呈灰绿色致密块状, 结构均匀, 呈交织状、网环状、变余粒状等结构, 这种蛇纹岩岩相目前尚难确认, 结合其产状和与火山碎屑岩的关系, 暂将其确定为火山堆积岩。据有色西北地质研究所<sup>②</sup>在德尔尼矿区及其外围超基性岩石中见到有鬣刺结构科马提质熔岩流的存在。

这样, 矿区内堆积熔岩、火山碎屑岩(角砾岩及凝灰岩等)和火山碎屑沉积岩三相皆存, 组成较为完整的火山喷发相。

(5) 从矿区外围超基性岩产状看, 多顺层产出, 无接触变质现象。

(6) 前已述及, 德尔尼矿床由主要四个似层状、透镜状矿体(群)组成。据最近报导<sup>[7]</sup>,

① 有色西北地质研究所《青海东部铜金找矿地区选择和前景预测研究》报告, 1991

② 有色西北地质研究所《青海东部铜金找矿地区选择和前景预测研究》报告, 1991

其中的 I、II、VII 号矿体经勘探证实为同一矿体在倾向和走向上的延续, 这样一个长、宽均几千米的板状矿体, 做为整体“楔入”或混杂于超基性侵入岩中是难以解释的。

## 2.2 矿区海相火山岩岩石化学特征

矿区海相火山岩以超基性岩为主, 其次为基性岩, 而中酸性岩类较少。

从表 2, 德尔尼超基性火山岩  $\text{SiO}_2$  在 37.77%~39.74%, 岩石化学特征相当于火山橄榄

表 2 德尔尼矿区岩石化学成分 (%)

Table 2. Chemical composition of rocks from the Deerni ore district

序号	岩石类别	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{H}_2\text{O}$	
1 <sup>①</sup>	超基性火山岩 (6 个样)	范围	37.77 ~39.74	0.02 ~0.18	0.90 ~4.89	4.40 ~6.93	1.41 ~3.78	0.13 ~0.20	34.82 ~38.05	0.05 ~0.93	<0.02 ~0.09	0.01 ~0.02	0.02	10.64 ~11.74
		平均	38.94	0.09	2.77	5.79	2.67	0.15	36.31	0.32	0.03	0.02	0.02	11.34
2	基性火山岩 (3 个样)	范围	50.02 ~53.48	1.34 ~1.53	13.65 ~15.85	2.34 ~2.98	5.73 ~7.88	0.13 ~0.19	6.88 ~9.45	3.91 ~10.22	3.22 ~5.97	0.05 ~0.31	0.08 ~0.13	2.21 ~3.10
		平均	51.22	1.41	14.53	2.73	6.66	0.17	7.75	7.72	4.19	0.20	0.11	2.57
3	戴里玄武岩 <sup>[8]</sup>	49.06	1.36	15.70	5.38	6.37	0.31	6.17	8.95	3.11	1.52	0.45	1.62	
4	戴里玻质纯橄岩 <sup>[8]</sup>	35.38	1.11	2.73	6.68	6.22		31.83	5.99	0.26	0.14	—	8.20	
5	Le Maitre 纯橄岩 <sup>[8]</sup>	38.29	0.09	1.82	3.59	9.38	0.71	37.94	1.01	0.20	0.08	0.20	4.59	
6	芬兰堆积科马提岩 <sup>[16]</sup>	42.73	0.11	2.14	10.56		0.16	43.53	0.61	—	—	0.04		

① 1、2 为德尔尼矿区样品, 由中科院地质所 XRF 测试; 序号 6 为 19 个样品平均值, 已把每个样品换算成无水 100% (据原文推测挥发组分  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  达 20% 左右)

岩 (类科马提岩), 其具有富 Mg ( $\text{MgO} > 35\%$ )、含 Ca ( $\text{CaO} < 1\%$ , 多数  $< 0.5\%$ )、 $\text{MgO}/\langle \text{FeO} \rangle$  高 (多  $> 4.0$ , 可达 11.86) 为特征,  $\text{MgO}/\langle \text{FeO} \rangle$  比戴里玻质纯橄岩 (2.60) 和 Le Maitre 纯橄岩 (3.01) 要高得多。其共生组合玄武岩类的特点具有 MgO、 $\text{Na}_2\text{O}$  高, 而全铁  $\langle \text{FeO} \rangle$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  较低,  $\text{MgO}/\langle \text{FeO} \rangle$  比为 1.05~0.8, 比戴里玄武岩 (0.55) 高,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  比为 10.39~25.96, 比戴里玄武岩 (2.05) 高 5~13 倍。无独有偶, 著名的芬兰 Karelian 绿岩带, 产有奥托孔普 (Outokumpu) VAMSD 型 CuCo (Zn) 矿床, 其科马提质岩石 (如表 2 中的 6 号) 与德尔尼火山橄榄质岩石完全类似, 且亦伴生有拉斑玄武岩产出<sup>[16]</sup>。

## 2.3 矿床剖面特征

(1) 根据 I 号矿体地表露头观察 (图 2-B、C), 矿体由细粒含黄铜矿的层状黄铁矿组成, 其下盘由蛇纹石化超基性火山角砾岩组成, 与矿体界线清楚, 矿体之上为一薄层状蛇纹菱镁岩、白云石菱镁岩, 层纹构造清晰, 内有黄铁矿呈星点状顺层浸染, 再上又为蛇纹石角砾岩。

(2) 矿区最深的 ZK1303 钻孔, 是为追索 I 号矿体及下盘而设计的。笔者通过 1010 m 岩芯的系统观察和采样鉴定, 自下而上层位确定如下: 玄武岩→玄武质火山碎屑岩→玄武岩→黑色碳质板岩→超基性火山碎屑岩→火山橄榄堆积岩并断续夹五层含钴的黄铁矿磁黄铁矿矿体→含黄铁矿的火山橄榄质角砾岩→块状含铜黄铁矿主矿体→超基性火山岩类、菱镁岩、白

云石菱镁岩 (图 2)。

由图 2 可以看出: ①火山喷发次序大致为基性→超基性; 矿体均产于超基性火山岩类而不产于基性火山岩中; ②在超基性火山岩 (包括火山碎屑岩) 与火山碎屑沉积岩之间形成了德尔尼矿床的主要矿体, 即铜 (锌、钴) 黄铁矿矿体, 而火山岩中仅产有次要的含钴磁黄铁矿薄层。可见主要矿化作用是在超基性火山喷发间歇期喷流沉积的。

#### 2.4 岩、矿石中 REE、成矿元素分布特点和矿质来源

(1) 如表 3, 从浸染状矿石的稀土元素特征看, 其稀土总量和稀土配分 (图略, 以  $(La/Sm)_N$ 、 $(Gd/Yb)_N$  和  $\delta Eu$  表示) 均接近于超基性岩类, 而与基性的玄武质岩类差异较大。也表明矿化与超基性岩类关系更密切。

表 3 德尔尼矿床矿石、岩石稀土元素参数表

Table 3. REE parameters of rocks and ores from the Deerni ore deposit

岩 (矿) 石名称	$\Sigma REE (La-Lu)$ ( $10^{-6}$ )	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$	$(La/Yb)_N$	$\delta Eu$
玄武岩类 (5 个样)	24.0~39.73	0.51~1.22	1.17~1.47	0.58~1.02	0.40~0.99
超基性岩类 (21 个样)	1.593~19.67	0.56~0.24	0.52~3.10	0.54~13.23	0.57~1.50
浸染状矿石 (2 个样)	1.105~11.337	1.30~3.42	1.50~4.00	1.95~7.60	1.45~13.10

(2) 据多元统计分析结果, Cu、Zn、Co、S (S 主要指黄铁矿中的硫) 四种组分具有同源性; 构成硫化物矿石的主要组分——黄铁矿, 来源于超基性岩浆 (章午生, 1981, 1995)<sup>[3,9]</sup>。

(3) 据表 4 分析, 三个矿体 (群) 与超基性岩石类、玄武质岩石类的 Cu、Zn、Co 元素含量比较, 矿体的 Cu、Zn 相对于超基性岩石类富集的程度要比相对于玄武岩类富集程度高, 而

表 4 德尔尼矿床矿石、岩石成矿元素对比表

Table 4. Comparison in ore-forming elements between ores and rocks from the Deerni ore deposit

项 目		Cu	Zn	Co
德尔尼 矿区	岩石 ( $10^{-6}$ )			
	超基性岩类 (68 个)	14.11	66.33	98.12
	玄武岩类 (13 个)	58.54	75.77	39.23
	矿体 (%)			
	Ⅶ号 (29 个)	1.0845	0.0741	0.1565
	I、II、III号 (88 个)	1.2768	0.8792	0.0425
	V号 (135 个)	1.8951	0.5502	0.1200
	总合 (252 个)	1.5859	0.6103	0.09714
	矿体/超基性岩类	1124.0	92.01	9.90
	矿体/玄武岩类	270.9	80.55	24.76
世界 (据魏 德波尔 <sup>[10]</sup> )	超基性岩类 ( $10^{-6}$ )	10	56	200
	玄武岩类 ( $10^{-6}$ )	87	100	45

Co 却相反。与克拉克值 (魏德波尔, 1961, 下同) 相比, 超基性岩石类 Cu、Zn 均略高或相当, 而 Co 却亏损一倍多; 玄武岩类 Cu、Zn 均远低于克拉克值 (分别为克拉克值 0.67 和 0.76

倍), 而 Co 却与之相当或略低 (0.87 倍)。以上讨论表明矿床中 Co 主要来自超基性岩石类, 而 Cu、Zn 则可能部分由下伏玄武质岩类淋滤而来。

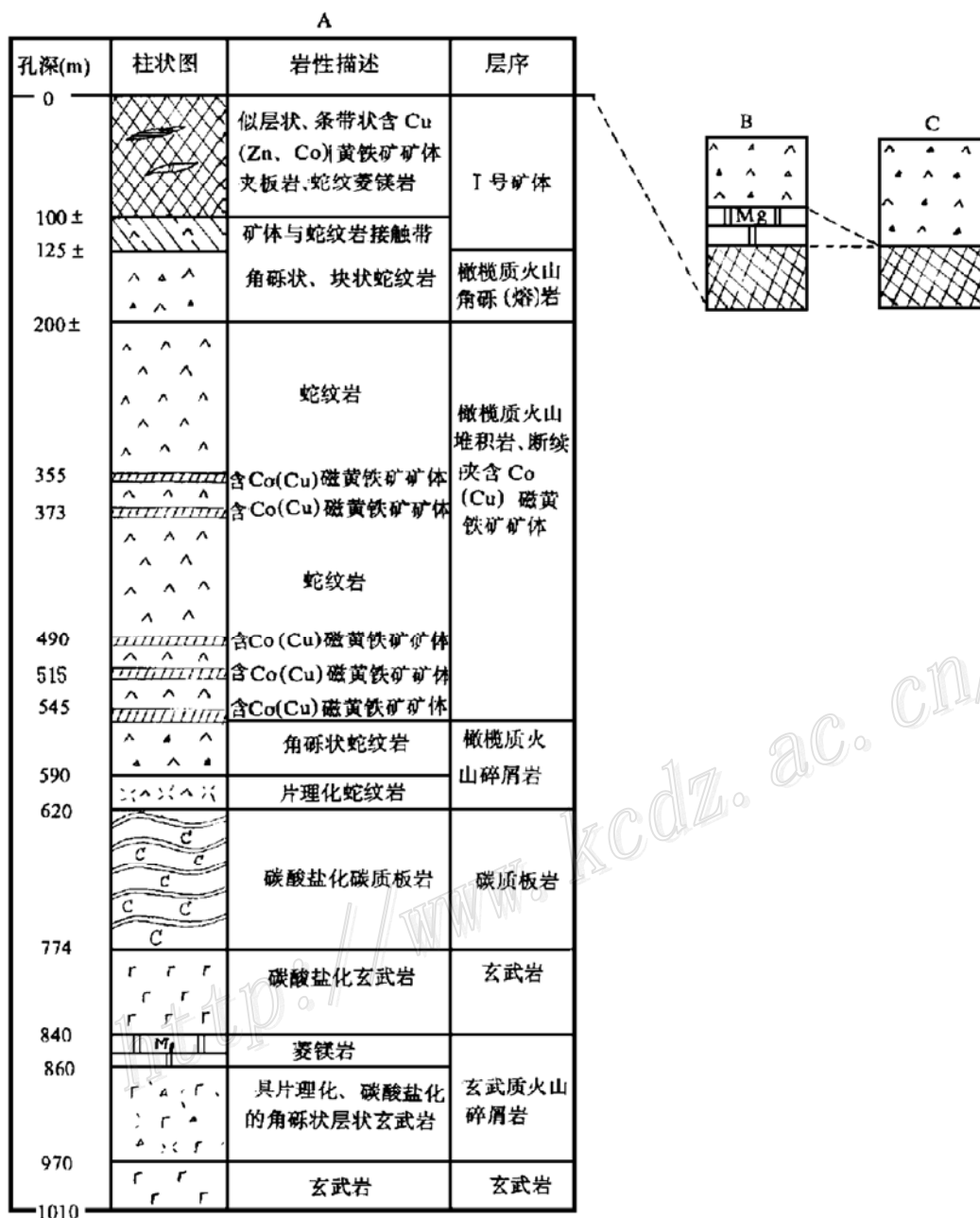


图 2 德尔尼 I 号矿体综合柱状图

A—ZK1303 钻孔柱状图; B、C—矿体东侧露头 (矿体上盘)

Fig. 2. Composite geological columns of No. I orebody in the Deerni deposit.

A—ZK 1303 drill hole; B, C—Outcrop of eastern orebody (hanging wall).

### 3 结论与讨论

#### 3.1 德尔尼型块状硫化物矿床的主要特征

(1) 矿床产于超壳深断裂带旁侧, 底辟作用构造侵位于二叠系中。



(2) 容矿岩石为以火山橄榄岩(类科马提岩)为主的富镁超基性-基性火山岩组合,矿床产于超基性火山角砾岩及其上覆富镁质碳酸盐岩和火山碎屑沉积岩之间(中)。

(3) 矿体呈似层状、条带状顺层产出。

(4) 围岩蚀变以强蛇纹石化和碳酸盐化为特征。

(5) 矿石以细粒块状构造为主,主要金属矿物组成为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿以及钴镍黄铁矿。矿石有用金属组分为Cu-Co(-Zn),Ni含量很低,不具综合利用价值。

(6) S、O、C同位素组成显示海相火山沉积成因特点。

(7) 成矿物质主要来源于超基性岩浆,部分来自下伏基性岩类。

(8) 寻找这类矿床的有利围岩组合为玄武岩-超基性火山岩类-富镁质碳酸盐岩类-黑色碳质板岩。

### 3.2 VAMSD 矿床组合系列的最基性端员

我们知道,Pb、Zn、Cu、Co四种元素在不同酸度的岩浆岩中的维氏值丰度是不一样的:Co在超基性岩中的丰度最高( $200 \times 10^{-6}$ ),Pb在酸性岩中最高( $20 \times 10^{-6}$ ),Cu和Zn在基性岩中达到最大(分别为 $100 \times 10^{-6}$ 、 $130 \times 10^{-6}$ )<sup>[10]</sup>。但如果仅从其丰度来解释火山岩成矿专属性还不够,关键还要看矿区内火山岩分异情况如何。另外,Ni在超基性岩中丰度也最高,因为Co和Ni的地球热动力学特征不同,Ni主要在岩浆熔离过程中富集,而Co主要在热液阶段明显富集(刘英俊等,1984)<sup>[11]</sup>。德尔尼矿床围岩蚀变强烈、热液活动明显,这是形成火山气液-沉积型(即火山岩块状硫化物型)铜钴矿的有利条件之一。

众所周知,与海底火山活动有关的VAMSD矿床,其火山岩系组合与矿床的主要金属类型有密切的关系。早在1973年R.W.哈钦森<sup>①</sup>就将其划分为中性-酸性火山岩系中的Pb-Zn-Cu黄铁矿型、完全分异的岩系或玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩系中的Zn-Cu黄铁矿型和蛇绿岩套或玄武质枕状熔岩中的Cu-黄铁矿型等三个系列。近年来,随着德尔尼矿床的发现和研究的深入,国内学者不断对这一分类进行补充和完善(宋叔和,1982;王之田,秦克章等,1994)<sup>[12,13]</sup>。1994年,王玉往、姜福芝等在研究西北地区VAMSD矿床时进一步提出了与海相火山岩有关的VAMSD矿床的四个主要金属组合系列(Wang Yuwang et al, 1994)<sup>[17]</sup>:①Pb-Zn(-Cu)型,火山岩组合以中酸性-酸性为主(如新疆可可塔勒<sup>[14]</sup>);②Cu-Pb-Zn或Cu-Zn型,火山岩为基性—中性—酸性连续分异型或基性—酸性的双峰式组合(如我国白银矿田<sup>[15]</sup>或俄罗斯乌拉尔地区的一些矿床);③Cu(-Zn)型,火山岩属蛇绿岩套中分异较单一的基性岩为主的组合(如塞浦路斯);④Cu-Co(-Zn)型,火山岩为基性-超基性组合。前三个系列在国内外较为普遍,早已为大家接受并做过深入细致的研究。因而有必要将基性-超基性火山岩中的Cu-Co(-Zn)型矿床做为VAMSD矿床系列的最基性端员明确划分出来。这一划分将补充和完善VAMSD型矿床组合系列,同时有助于选择基性-超基性火山岩区带开展Cu-Co型矿产的找矿勘查工作,因此将具有重要的地质理论研究和勘查意义。

在工作中得到了青海有色地勘局和青海省地矿局一大队,特别是张北川同志的大力支持,

① R.W.哈钦森,1973,火山成因块状硫化物矿床及其成矿意义,见地矿部情报研究所编,国外黄铁矿型矿床,33~57



以及我所姜福芝教授的指导和吴立昌、祝新友、吴俞斌同志的帮助,在此一并致以衷心的感谢!。

### 参 考 文 献

- 1 谭扬庚. 火山橄榄岩-火山碳酸岩-火山沉积白云岩矿化系列的地质地球化学. 见: 欧阳自远主编. 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展. 兰州: 兰州大学出版社, 1994, 149~150
- 2 段国莲. 德尔尼黄铁矿型铜钴矿床成因及其与硫化铜镍矿床的区别. 地质与勘探, 1991, (2): 20~24
- 3 章午生. 德尔尼铜矿地质. 北京: 地质出版社, 1981
- 4 B A 格里年科等 (赵瑞译, 1980). 硫同位素地球化学. 北京: 科学出版社, 1974
- 5 杨合群. 金川铜镍矿床硫同位素地球化学. 西北地质, 1989, (2): 20~23
- 6 汤中立. 金川硫化铜镍矿床成矿模式. 现代地质, 1990, 4 (4): 55~63
- 7 张北川. 青海省德尔尼铜钴矿床成矿特征探讨. 青海地质科技情报, 1993, (1): 23~27
- 8 王德滋, 周新民. 火山岩岩石学. 北京: 科学出版社, 1982, 217~239
- 9 章午生. 块状硫化物矿床的一个特殊类型——德尔尼铜矿. 甘肃地质学报, 1995, 4 (2): 22~31
- 10 南京大学编著. 地球化学. 北京: 科学出版社, 1979: 91
- 11 刘英俊, 曹励明, 李兆麟等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984
- 12 宋叔和. 黄铁矿型铜矿和多金属矿床——世界范围内一些主要矿带和矿床类型对比研究趋势. 中国地质科学矿床地质所所刊, 1982, (3)
- 13 王之田, 秦克章, 张守林. 大型铜矿地质与找矿. 北京: 冶金工业出版社, 1994, 60~88
- 14 秦克章, 王京彬, 朱思才等. 阿尔泰可可塔勒铅锌矿床地质地球化学特征与火山热水-对流循环成矿模型. 见: 付水兴等编. 走向地学新世纪——首届有色系统青年地质工作者学术讨论会论文集. 北京: 冶金工业出版社, 1995, 13~16
- 15 姜福芝, 王玉往. 白银矿田块状硫化物矿床几个地质问题的新认识. 有色金属矿产与勘查, 1992, 1 (3): 129~139
- 16 Arndt N T and Nisbet E G 科马提岩 (颜秉纲等译). 北京: 地质出版社, 1986: 96~108
- 17 Wang Yuwang, Jiang Fuzhi, Zhu Xinyou et al. The metallogenesis series of massive sulfide deposits related to marine volcanic rocks in Northwest China. 9th, LAGOD, Abstracts, Beijing, China, 1994: 566~567

## THE EXTREMELY BASIC MEMBER OF VAMSD DEPOSIT SERIES——THE DEERNI LARGE COPPER—COBALT DEPOSIT OF QINGHAI PROVINCE: ITS GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENETIC TYPE

Wang Yuwang and Qin Kezhang

(Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, China National Nonferrous Corporation, Beijing 100012)

**Key words:** the Deerni copper-cobalt deposit, serpentinite, mafic-ultramafic volcanic rocks, VHMS deposit series

### Abstract

The Deerni large copper-cobalt (-zinc) deposit exhibits unique geological features, and

there exists much controversy over its genesis. Based on previous researches and a detailed field investigation and study on the host volcanic rocks, orebodies, ores, isotope and trace element geochemistry in correlation with typical ore deposits, this paper classified it as belonging to VAMSD type (submarine volcanics-hosted massive sulfide deposit), thus denying such previous genetic views as magmatic liquation and hydrothermalism. In combination with the geological section of the ore deposit, the authors made systematic rock and mineral identification and geochemical study on host serpentinites in the ore district and ascertained that protoliths of various sorts of serpentinites in the ore district are mainly such volcanic rocks as ultrabasic volcanic rocks, breccia agglomerate and tuff, associated with pyroclastic sedimentary rocks like serpentine magnesitite. It is held that mineralization occurs within or between ultrabasic volcanic breccia and its overlying magnesium-rich carbonate rocks and volcanic sedimentary rocks, with ore-forming materials derived mainly from ultrabasic rocks and partly from basic rocks. It is also pointed out that ore-bearing volcanics assemblage consists of basic-ultrabasic rocks rich in MgO and deficient in CaO, with high MgO/<FeO>ratio. Moreover, basic rocks are characterized by rich Na<sub>2</sub>O and poor K<sub>2</sub>O, whereas ultrabasic rocks correspond chemically to volcanic peridotite (komatiitoid). In VAMSD deposit series, this volcanics assemblage is the extremely basic assemblage of ore-bearing rock series, and ore deposits produced by this assemblage is distinctly characterized by copper-cobalt metallic association. Hence, the authors definitely classified the Deerni type copper-cobalt- (zinc) deposit as the extremely basic member of the VAMSD deposit series and pointed out its significance in the geological theoretical study and exploration of VAMSD deposits.

<http://www.kcdz.ac.cn/>