

东昆仑督冷沟铜钴矿床多期成矿 特征及成矿过程探讨

舒树兰¹, 李彬², 陈林³

(1. 青海省地质调查院, 青藏高原北部地质过程与矿产资源重点实验室, 青海 西宁 810012;

2. 青海省电力设计院地质勘测室, 青海 西宁 810012;

3. 青海有色地质矿产勘查局地质矿产勘查院, 青海 西宁 810007)

摘要:督冷沟铜钴矿床位于近东西向东昆仑构造带东段, 其形成于晚古生代岛弧环境, 成矿地质作用非常复杂, 绿泥绢云母千枚岩为主要赋矿地层, 构造变形使矿质运移、富集。根据矿床地质特征、矿物共生关系、矿石矿物结构构造特征以及矿物生成顺序, 可将成矿过程划分为热水喷流沉积成矿期、构造变形叠加改造成矿期和表生期。形成的矿石有氧化矿石、硫化矿石及两者混合的混合矿石。通过微量、稀土元素特征分析表明, 成矿物质来源最合理的解释是热液流体与围岩发生水-岩交换, 应为多源。矿石的稀土元素特征与现代大洋中脊喷流热水沉积的含金属沉积物及其热液稀土元素特征相似, 但又有不同, 反映了矿石的形成过程较复杂, 可能经历了后期的富集改造。

关键词:成矿特征; 成矿作用; 督冷沟铜钴矿床; 东昆仑

中图分类号: P618.41; P618.62

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2015)01-0137-08

Discussion on Metallogenic Characteristics and Multi-stage Mineralization Process of Dulenggou Copper—cobalt Deposit in East Kunlun, Qinghai Province

SHU Shulang¹, LI Bin², CHEN Lin³

(1. Qinghai Institute of Geological Survey, Key Laboratory
of Northern Qinghai-Tibet Plateau Geological Processes and Mineral Resources, Xi'ning 810012, Qinghai, China

2. Geological Survey of Qinghai Electric Power Design Institute, Xi'ning 810008, Qinghai, China

3. Geology and Mineral Exploration Institute of Qinghai Nonferrous Geological Exploration Bureau, Xi'ning 810007, Qinghai, China)

Abstract: Dulenggou copper-cobalt deposit is located in the eastern section of the near EW-trending east Kunlun tectonic belt. Formed in island arc environment of late Paleozoic, the deposit shows very complex mineralization process. Chlorite sericite phyllite is the main ore-hosting formation, structure deformation makes the minerals migrate and enrich. According to the geological characteristics of the deposit, the symbiotic relationship of minerals, texture and structural characteristics of ores and minerals, and the sequence of generation, the mineralization process can be divided into sedimentary exhalative mineralization period, tectonic deformation superim-

收稿日期: 2014-02-17; 修回日期: 2014-04-24

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201211037)

作者简介: 舒树兰(1976-), 女, 青海省西宁市, 工程硕士, 工程师, 主要从事地质矿产及其相关工作。E-mail: sslan1976@163.com

posed mineralization period and supergene period. Mineralized ore includes oxide ore, sulfide ore and mixed ore of the former two. In this paper, trace and rare earth elements analysis shows that the most reasonable interpretation of the mineral source is water and rock exchange between the hydrothermal fluid and surrounding rock, and the minerals should be multi-source. REE analysis shows similar characteristics with the metalliferous sediments from modern mid-ocean ridge and its hydrothermal fluid, but still there are some differences, reflecting that the ore formation process is a bit more complex, which may be caused by later enrichment and transformation.

Keywords: metallogenic characteristics; mineralization; Dulenggou copper and cobalt deposit; East Kunlun

位于青藏高原东北部的青海省东昆仑地区是我国重要的金属成矿带,区内矿产资源丰富,产有与古生代多次板块裂解作用有关的 Sedex 型铜钴铅锌矿床(丰成友等,2006)和与中生代陆-陆碰撞或陆内俯冲作用有关的造山型金矿(张德全等,2001;丰成友等,2004)及砂卡岩型-斑岩型铁铜铅锌矿床。

督冷沟铜钴矿位于东昆仑成矿东段,夹持于昆中与昆南断裂之间,是在前人 1:5 万水系沉积物测量基础上,利用物探方法发现的。尽管前人对东昆仑地区的钴矿成矿作用作了一些分析研究(潘彤等,2001,2003,2004;匡俊等,2002,2003;徐文艺等,2001;张德全等,2001;李厚明,2001;党兴彦等,2006),但主要针对肯德可克钴多金属矿以及驼路沟钴(金)矿床,而关于督冷沟铜钴矿床,仅对其进行了矿床控矿因素的总结(潘彤,2004)。笔者对督冷沟矿床的多期成矿特征、成矿物质来源及成矿过程进行了详细研究,以期对东昆仑成矿带钴矿的成矿特点及成矿规律的深化提供一定的参考。

1 成矿地质背景

督冷沟铜钴矿床位于早石炭世火山沉积洼地的北西部,出露地层为哈拉郭勒群火山岩(图 1),其下部为一套浅海相变质中-中基性火山熔岩及火山碎屑岩、火山喷流沉积岩-绿泥绢云母千枚岩夹薄层绿泥硅质岩建造,岩性有安山岩、凝灰质板岩、绢云母千枚岩、灰岩和白云岩等,火山岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 340 Ma(郑健康,1992),属早石炭世。该岩组为区内最为重要的含矿地层,督冷沟矿区及外围目前所发现矿化均赋存于该岩组中,与老岭大横路钴矿床层位类似(杨言辰等,2001);中-上部为一套正常的碳酸盐及泥、砂质沉积建造,局部夹酸性熔岩建造。

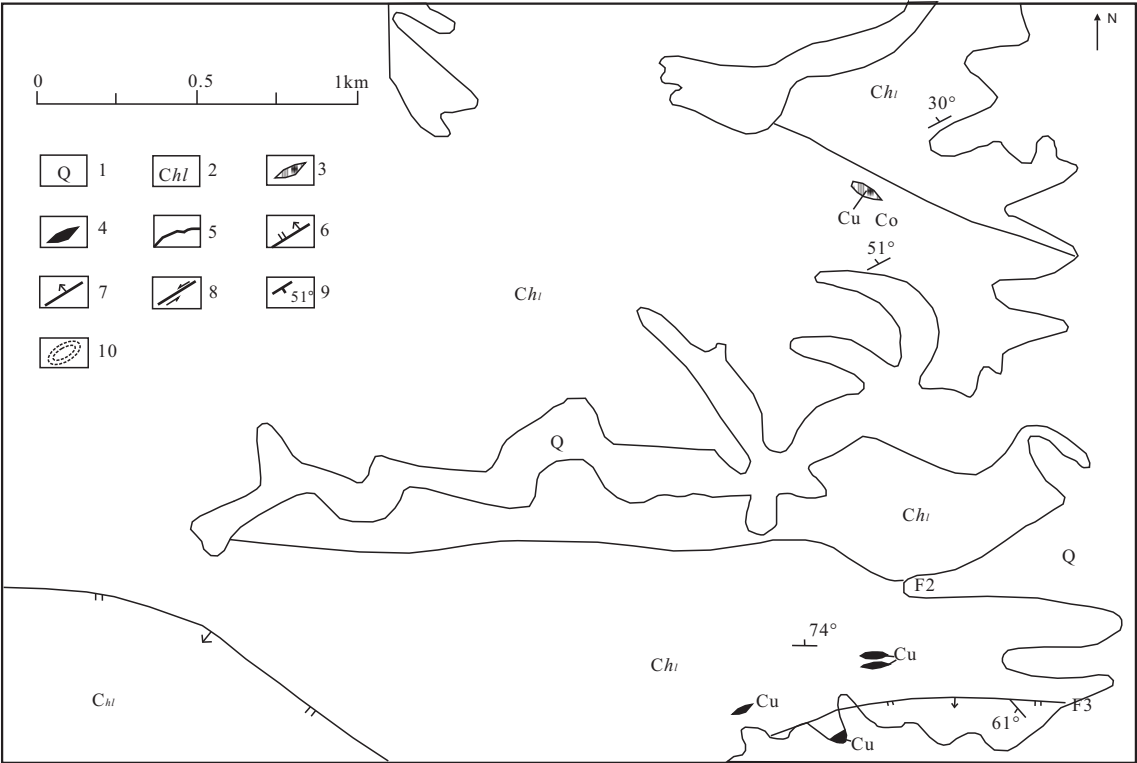
督冷沟矿区容矿围岩以绿泥硅质岩夹层的绿泥绢云千枚岩、碳质板岩为主,其次为火山岩组辉石玄武岩,前者矿体品位较高,矿化与碳质板岩密切伴生,富铜矿体附近石墨化碳质板岩发育,后者品位相对较低,且以矿化为主。

区内岩浆岩活动以火山岩为主,侵入岩仅局部见有脉岩分布,且规模较小。火山岩类型主要是辉石玄武岩,地表矿化主要赋存在辉石玄武岩中。侵入岩主要见于矿区中部的哈尔汗一带,岩性为闪长岩脉,一般长 40~50 m,宽 1 至数米,多数脉体具铜矿化,但分布极不均匀。

矿区构造以断裂为主,褶皱次之。断裂走向可分为东西向、北西向及北东向 3 组,它们对成岩成矿有一定的控制作用。东西向断裂形成时间最早,活动时间长,活动期次多,可能代表着基底构造,其对北东向断裂和下石炭统有明显的控制作用,该组断裂大多具平移性质;北西向断裂形成时间晚于东西向断裂,两者相交的锐角部位是岩浆侵入活动的有利场所;北东向断裂形成时间最晚,受东西向断裂的夹持,两者相交的锐角部位是岩浆喷发活动的有利部位,控制着铜铁等矿产的分布,该组断裂多具平移性质,对北西向断裂有明显的破碎作用。褶皱构造主要表现为上龙岗向斜,由下石炭统构成。轴向北东,轴面呈波浪状起伏,两端均被断裂破坏;核部地层主要为含铁砂页岩组,两翼为火山岩组和碳酸盐岩组。两翼次级褶皱发育,以北翼较为发育。

强烈的围岩蚀变-硅化、碳酸盐化、绿泥石化等,呈较宽的带状分布,说明延伸清晰的断裂构造,不但为成矿物质再富集提供了热动力条件,而且还从深部带来部分成矿物质。

区内断裂构造发育,且矿体明显受北东向断裂构造控制,近东西向成矿后断裂活动,使督冷沟北侧地段大幅度抬升。



1. 第四系; 2. 下石炭统哈拉郭勒群凝灰质板岩、绢云母石英片岩及灰岩、白云岩; 3. 铜钴矿体; 4. 铜矿体;
5. 地质界限; 6. 实测正断层及编号; 7. 实测逆断层及编号; 8. 平移断层及编号; 9. 地层产状; 10. 激电异常等值线

图 1 都兰县督冷沟矿区综合地质图(据青海有色矿勘院资料改编,2004)

Fig.1 Geological map of Dulenggou deposit in Dulan area (After Qinghai Nonferrous mining exploration institute, 2004)

2 多期成矿特征

目前已圈出 25 条矿体,其中北矿带 16 条,南矿带 9 条。已知矿(化)体大部分赋存于下石炭统绢云母千枚岩和碳质板岩之间。矿体产状与矿区地层总体产状及断裂产状基本一致,总体倾向南西或南西西,仅 2 条矿体倾向北西西,倾角 $45^{\circ}\sim 67^{\circ}$,局部近于直立。矿体长 106~335 m,宽 2.12~13.4 m,Cu 品位为 0.58%~28.4,Co 品位为 0.02%~1.31%。矿体产状以多变为特征,地表矿(化)体形态较简单,多为脉状,少数为透镜状,个别为似层状。在垂向上,矿体有分枝、膨大、缩小现象。

矿石类型可分为氧化矿石、混合矿石、硫化矿石 3 种自然类型:①氧化矿石以氧化矿物为主,为少或无硫化物的矿石,其矿物组合为孔雀石+蓝铜矿+少量铜蓝、黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿。矿石构造多样。②混合矿石以硫化物为主,氧化矿物为辅的矿石,其矿物组合为黄铜矿+辉铜矿+斑铜矿+孔雀

石+蓝铜矿,矿石多为块状构造。③硫化矿石以硫化物为主,为少或无氧化矿物的矿石,其矿物组合为黄铜矿+辉铜矿+斑铜矿+黄铁矿+少量孔雀石、蓝铜矿。矿石多为块状构造,局部有细脉状构造。

矿石结构有他形粒状结构(块状富矿石呈此类结构)和半自形-他形粒状结构(其余矿石均呈此类结构)。矿石构造主要有层纹状构造、块状构造、浸染状构造、细脉状构造及角砾状构造。

与铜钴矿化有关的围岩蚀变类型有绢云母化、碳酸盐化及硅化,其中硅化和碳酸盐化与成矿关系较为密切。硅化主要分布于断裂旁侧的辉石玄武岩中,以细脉和网脉形式产出。当呈大脉出现或与碳酸盐化相伴出现时,则往往出现铜矿化。所有矿(化)体的赋存部位均可见到程度不同的硅化和碳酸盐化,主要矿体出现的部位,其硅化、碳酸盐化蚀变均较为强烈。

综合矿床地质特征、矿物共生关系及矿石矿物结构构造特征,确定该矿床中矿物生成顺序为:胶状黄铁矿+层纹状黄铜矿+辉钴矿→黄铜矿+辉铜

矿+斑铜矿+硫钴镍矿+辉钴矿→褐铁矿+孔雀石+蓝铜矿。由此,可将成矿过程划分为热水喷流沉积成矿期、构造变形叠加改造成矿期和表生期。各成矿期特征如下。

3 成矿物质来源探讨

成矿物质来源是成矿作用最重要的问题,也是判定矿床成因类型的重要依据之一。笔者通过微量、稀土元素特征,对该问题进行了初步探讨。

3.1 微量元素特征

督冷沟哈拉郭勒群下岩组由玄武岩、绢云母千枚岩、碳质板岩、粉砂质板岩、粉砂岩、细砂岩、硅质岩组成。已知矿(化)体大部分赋存于下石炭统绢云母千枚岩和碳质板岩之间。督冷沟哈拉郭勒群各类岩石微量元素特征表明(表1),各类围岩的Cu、Co含量是克拉克值 $Cu:47\times10^{-6}$ 、 $Co:18\times10^{-6}$ 的1~3倍,说明在督冷沟哈拉郭勒群各类岩石中均富集,特别在玄武岩、灰黑色板岩、凝灰岩及凝灰质板岩含量与其他相比含量明显变高。从岩石组成而言,与火山作用的产物关系密切,而与沉积作用的产物的关系不密切,说明火山作用形成的岩石可以为成矿提供一定的物质来源。

表1 督冷沟各类岩石微量元素含量表(10^{-6})
Tab. 1 Trace element content of various rock types of Dulenggou deposit(10^{-6})

岩石名称	Cu	Co	Pb	Zn
凝灰质板岩	97	32	22	116
灰黑色板岩	155	39	11	58
砂岩	52	23	22	88
凝灰岩	125	39	12	88
玄武岩	170	44	16	104

注:资料来源:据张得全,2002。

3.2 稀土元素特征

热水喷流沉积型矿床中水和硫的来源,在很多情况下可以通过同位素确定,但金属来源是却较难识别,稀土元素由于其可预测的地球化学性质,可以作为热液系统中的水-岩相互作用的示踪剂,判断其成因和物质来源(Joseph, et al., 1997)。笔者对督冷沟哈拉郭勒群各类岩石进行了稀土分析,分析用等离子质谱仪(ICP-MS)测定。

分析结果表明(表2),矿床矿石的稀土元素北美页岩标准化分布型式图轻稀土富集的右倾斜型, $\Sigma REE=81.28\times10^{-6}\sim128.50\times10^{-6}$,平均为 94.63×10^{-6} ; $LREE/HREE=7.51\sim14.99$, $(La/Yb)_N=1.37\sim4.69$,平均为2.12; $\delta Eu=1.01\sim1.67$,平均为1.22; $\delta Ce=0.81\sim0.94$,具有富轻稀土、低 ΣREE 、较明显的Eu正异常等特征,与现代大洋中脊喷流热水沉积的含金属沉积物及其热液稀土元素特征(Joseph, et al., 1997)相似。但又有不同,反映了矿石的形成过程较复杂,可能经历了后期的富集改造。

围岩安山岩的稀土元素北美页岩标准化分布型式图呈现重稀土富集的左倾斜型, $(La/Yb)_N=0.39\sim1.16$,平均为0.71; $\Sigma REE=71.6228\times10^{-6}\sim115.75\times10^{-6}$,平均为 89.57×10^{-6} ; $LREE/HREE=3.75\sim8.26$, $\delta Eu=1.11\sim1.58$,平均为1.38。数据显示火山岩与喷流-热水沉积物在稀土元素组成上的不同,表明对流循环的热液流体与周围岩体发生了水-岩相互作用,海底火山活动形成的岩浆期后热液并不是矿床的唯一金属源。千枚岩-板岩的稀土元素配分模式较平坦, $\Sigma REE=111.95\times10^{-6}\sim278.12\times10^{-6}$,平均为201.86; $LREE/HREE=7.79\sim10.95$, $(La/Yb)_N=1.20\sim1.72$,平均为1.41; $\delta Eu=0.87\sim1.76$,平均为1.18,稀土元素配分型式不同于矿石和火山岩,表明三者并不同源。以上稀土元素特征表明,成矿物质来源最合理的解释是热液流体与围岩发生水-岩交换,应是多源(图2)。

4 讨论

由上述分析可知,督冷沟矿床含矿原岩建造是哈拉郭勒群,构造控矿显著,成矿物质来源为多源。断裂活动起到重要作用,首先体现为向下切割较深诱导深部物质上涌,断裂下切的深度不同会有不同的热水和火山岩沉积物,可以使更多的成矿物质参与成矿;其次断裂构造促使成矿物质活化、迁移、再富集,同时为含矿流体提供运移通道和淀积场所。同时,由华力西—印支期的岩体(隐伏岩体)主要提供成矿热力和热源。由于有机碳具有很强的吸附能力,吸附热流体和海水中分散的成矿物质,因此,碳质参与了成矿作用。

督冷沟铜钴矿的成矿机理可以解释如下:晚古生代一早中生代本区为岛弧环境,巴颜喀拉洋连续的俯冲过程,由于断裂向下切割较深诱导深部物质上涌,使海底深处正在进行的泥质沉积,由于海底火山活动,一方面,热卤水存在着丰富的有机质,在强烈还原环境,从而保存了大量有机质可以和 Ca、Mg、K、Na、Si 等造岩元素结合形成高碳质岩石,也可以吸附 Cu、Co 等形成矿床或含矿高的岩石(郜兆典,2000);另一方面,热流体加入到海水中使周围环境变得温暖,从而导致大量生物繁殖;生物(遗体)中的有机碳与泥质沉积物一起沉积。

当断裂切过富 Si 围岩时,成矿热液中 Si 容易饱和形成石英脉,Hutchison(1985)认为许多矿床是通过围岩的孔隙或通道循环的热热水溶液沉淀形成的,与侵入岩有关的矿化中,脉型矿化占优势,督冷沟铜钴矿即是如此,受围岩富含硅质、碳质的影响,在石墨化强烈的地段形成脉型铜钴矿。

依据东昆仑成矿带地质构造环境、控矿因素、成矿特征等,孙丰月等(2009)将东昆仑钴矿成矿系列大致可划分为 4 个成矿类型:喷硫沉积(矿源层)+热液叠加改造型、热水沉积-变形改造型和矽卡岩型和热液脉型。其中,喷硫沉积(矿源层)+热液叠加改造型以肯得可克钴铋金矿为代表,热水沉积-变形改造型以驼路沟钴金矿床为代表,海寺铁钴矿是矽卡岩型矿床的代表,督冷沟铜钴矿床则是热液脉型的代表,且以前二者为东昆仑钴矿的主要成矿类型。随着新的钴矿点的不断发现,如驼路沟矿区外围,存在着一含钴镜铁矿化点,研究后认为它们是受断裂构造控制的,与花岗斑岩有关的热液型钴矿化;尕林格铁钴产于奥陶系灰-灰白色泥质硅质岩中,成矿与华力西期花岗闪长岩体、印支期闪长岩体有关的;柯柯赛铜钴矿点产于印支期花岗闪长岩与英安岩的外接触带等,这些说明东昆仑成矿带矽卡岩型、热液脉型钴矿也具有一定的规模和找矿前景。

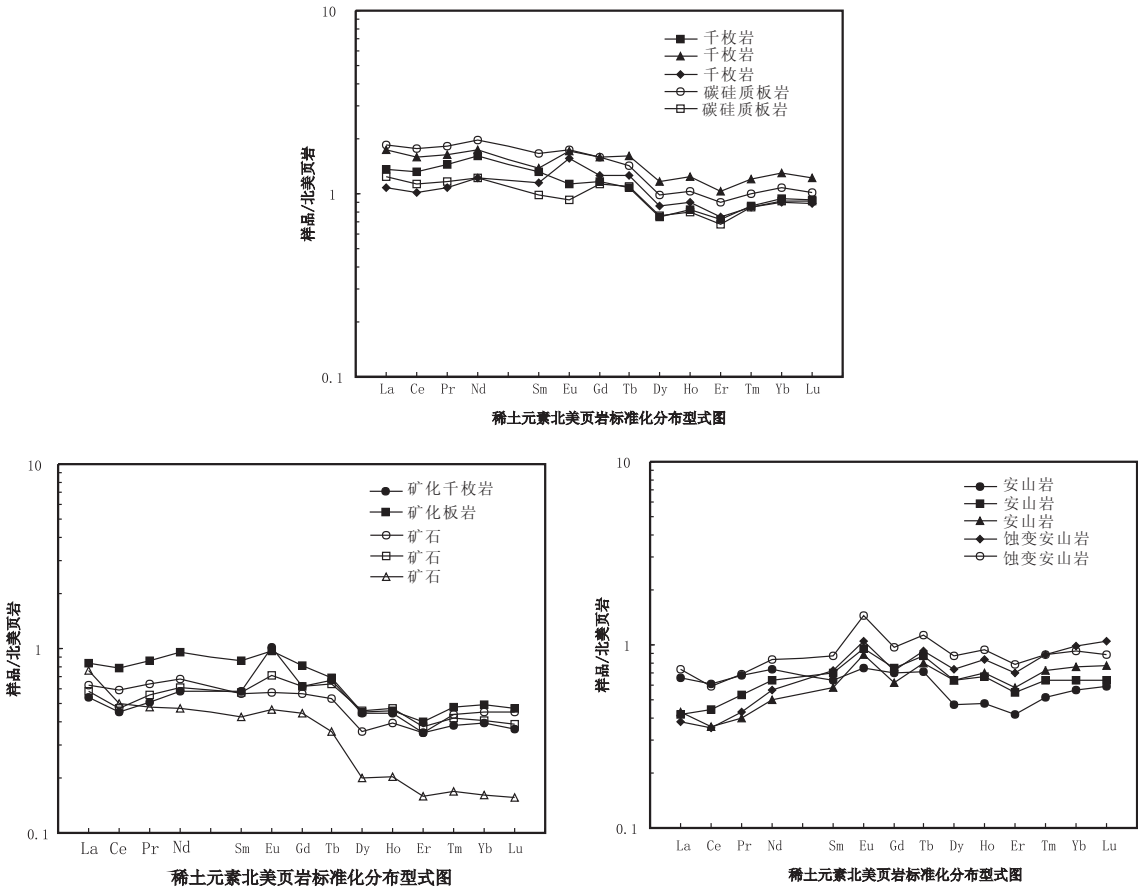


图 2 矿石、安山岩与千枚岩-板岩的稀土元素北美页岩标准化分布型式图

Fig. 2 Ore, andesite and phyllite-slate normalized REE distribution patterns

表 2 督冷沟各类岩石稀土元素含量及特征表(10⁻⁶)
Tab. 2 REE contentsof various rock types of Dulengou deposit(10⁻⁶)

序号	样品名	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE/HREE	La _N /Yb _N	δEu
1	矿化千枚岩	17.00	30.10	4.06	15.90	3.47	1.20	3.26	0.53	2.60	0.46	1.18	0.19	1.17	0.16	15.70	81.28	7.51	1.37	1.67
2	矿化碳质板岩	26.30	52.40	6.78	25.60	5.10	1.15	4.22	0.55	2.62	0.48	1.37	0.24	1.48	0.21	13.00	128.50	10.50	1.68	1.16
3	黄铜矿	20.00	39.80	5.04	18.50	3.34	0.68	2.97	0.42	2.07	0.41	1.18	0.22	1.34	0.20	11.10	96.17	9.92	1.41	1.01
4	黄铜矿	18.50	31.40	4.43	16.60	3.43	0.85	3.26	0.51	2.67	0.49	1.28	0.21	1.20	0.17	14.20	85.00	7.68	1.45	1.19
5	黄铜矿	23.90	33.50	3.80	12.80	2.51	0.55	2.32	0.28	1.16	0.21	0.54	0.08	0.48	0.07	5.66	82.20	14.99	4.69	1.07
6	安山岩	20.80	40.80	5.35	19.80	3.79	0.88	3.64	0.56	2.75	0.50	1.41	0.26	1.69	0.26	12.20	102.49	8.26	1.16	1.11
7	安山岩	13.20	29.40	4.18	17.20	4.12	1.12	3.86	0.69	3.72	0.70	1.88	0.32	1.91	0.28	21.20	82.58	5.18	0.65	1.32
8	安山岩	13.50	23.70	3.15	13.50	3.45	1.04	3.24	0.63	3.74	0.73	1.98	0.36	2.26	0.34	18.20	71.62	4.39	0.56	1.46
9	蚀变安山岩	12.00	23.40	3.42	15.20	4.28	1.23	3.75	0.73	4.29	0.86	2.40	0.44	2.93	0.46	22.60	75.39	3.75	0.39	1.44
10	蚀变安山岩	23.10	39.70	5.49	22.40	5.14	1.71	5.02	0.89	5.08	0.98	2.65	0.44	2.76	0.39	24.90	115.75	5.36	0.79	1.58
11	千枚岩	43.10	87.60	11.40	43.20	7.81	1.33	6.03	0.85	4.36	0.85	2.48	0.43	2.80	0.41	25.90	212.65	10.68	1.45	0.91
12	千枚岩	55.00	106.00	13.00	46.70	8.09	2.01	8.24	1.27	6.75	1.28	3.53	0.60	3.86	0.54	32.40	256.87	8.85	1.34	1.15
13	千枚岩	34.00	67.10	8.47	33.00	6.76	1.84	6.52	0.99	4.94	0.93	2.53	0.42	2.68	0.39	27.10	170.57	7.79	1.20	1.30
14	碳硅质板岩	58.20	117.00	14.40	53.40	9.79	2.06	8.18	1.13	5.71	1.07	3.04	0.50	3.19	0.45	27.70	278.12	10.95	1.72	1.08
15	碳硅质板岩	38.90	75.40	9.18	32.80	5.81	1.09	5.86	0.87	4.40	0.83	2.32	0.42	2.72	0.40	20.70	181.00	9.16	1.35	0.87

注:测试单位:武汉综合岩矿测试中心,2009。

5 结论

(1)督冷沟铜钴矿床成矿地质作用非常复杂,绿泥绢云母千枚岩为主要赋矿地层,构造变形使矿质运移、富集。成矿过程可划分为热水喷流沉积成矿期、构造变形叠加改造成矿期和表生期,形成的矿石有氧化矿石、硫化矿石及两者混合的混合矿石。

(2)哈拉郭勒群各类岩石微量元素特征表明,火山作用形成的岩石可以为成矿提供一定的物质来源。围岩稀土元素特征表明成矿物质来源最合理的解释是热液流体与围岩发生水-岩交换,应为多源。矿石的稀土元素特征与现代大洋中脊喷流热水沉积的含金属沉积物及其热液稀土元素特征相似,但又有不同,反映了矿石的形成过程较复杂,可能经历了后期的富集改造。

(3)该矿床断裂控矿显著,主要提供成矿热动力和热源,受围岩富含硅质、碳质的影响,在石墨化强烈的地段形成脉型铜钴矿,该类型钴矿在东昆仑地区也具有一定的规模和找矿前景。

参考文献(References):

丰成友,张德全,屈文俊,等. 青海格尔木驼路沟喷流沉积型钴(金)矿床的黄铁矿 Re-Os 定年[J]. 地质学报,2006,80(4):571-576.

FENG Chengyou, ZHANG Dequan, QU Wenjun, et al. Re-Os Isotopic Dating of Pyrite in the Tuolugou SEDEX Cobalt (Gold) Deposit, Golmud, Qinghai Province[J]. Geology, 2006,80 (4) :571-576.

张德全,丰成友,李大新,等. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质,2001,20(2):137-146.

ZHANG DeQuan, FENG Chengyou, LI Daxin, et al. Orogenic Gold Deposits in the North Qaidam and East Kunlun Orogen, West China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20 (2) : 137-146.

丰成友,张德全,王富春,等. 青海东昆仑造山型金(锑)矿床成矿流体地球化学研究[J]. 岩石学报. 2004, 20(4): 949-960.

FENG Chengyou, ZHANG Dequan, WANG Fuchun, et al. Geochemical characteristics of ore-forming fluids from the orogenic Au(and Sb)deposits in the eastern Kunlun area, Qinghai province [J]. Rocky Journal, 2004, 20 (4) :949-960.

潘彤,马梅生,康祥瑞. 东昆仑肯德可克及外围钴多金属找矿突破的启示[J]. 中国地质, 2001,28(2):17-20.

PAN Tong, MA Meisheng, KANG Xiangrui. Breakthrough revelation of Kendekeke and peripheral polymetallic cobalt deposit in East Kunlun [J]. Chinese Geology, 2001,28 (2) :17-20.

潘彤,孙丰月. 区域地球化学中大面积、低浓度分带异常评价—以督冷沟铜钴矿发现为例[J]. 地质地球化学, 2003,16 (3) : 39-42.

PAN Tong, SUN Fengyue. Evaluation of regional geochemical anomalies with big-area, low-concentration zoning as exemplified by the discovery of dulenggou cu-co deposit [J]. Geological and Geochemical, 2003,16 (3) : 39-42.

潘彤. 青海东昆仑督冷沟铜钴矿床控矿条件的探讨[J]. 地质与勘探,2004,102 (18) : 109-112.

PAN Tong. Discussion on ore controlling condition of dulenggou cu-co depoist in eastern kunlun metallogenic belt, Qinhai [J]. Geology and Exploration, 2004,102 (18) : 109-112

匡俊,孙丰月. 青海东昆仑肯得可克钴铋金矿地质特征及矿床成因初探[J]. 吉林大学学报,2003,33(增刊): .

KUANG Jun, SUN Fengyue. Geological characteristics and genesis of Kendekeke cobalt-bismuth-gold deposit in East Kunlun, Qinghai province [J]. Jilin University, 2003, 33(Suppl.):

匡俊. 东昆仑成矿带钴矿床特征及形成作用探讨[D]. 吉林大学硕士学位论文,2002

KUANG Jun. Characteristics and formation of cobalt deposit in East Kunlun metallogenic belt [D]. Jilin University, Master's Degree Thesis, 2002.

徐文艺,张德全,阎升好,等. 东昆仑地区矿产资源大调查进展与前景展望[J]. 中国地质,2001,28(1):25-29.

XU Wenyi, ZHANG Dequan, YAN Shenghao, et al. Progress and prospects of mineral resources in the East Kunlun are [J]. Chinese Geology, 2001,28 (1) :25-29.

李厚民,沈远超,胡正国,等. 青海东昆仑驼路沟钴(金)矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质与勘探,2001,27(1): 65-69.

LI Houmin, SHEN Yuanchao, HU Zhengguo, et al. geological characteristics and genesis of Tuolugou cobalt (gold) deposit in East Kunlun[J]. Geology and Exploration, 2001,27 (1) :65-69.

党兴彦,范桂忠,李智明,等. 东昆仑成矿带典型矿床分析[J]. 西北地质, 2006,39(2):143-155.

DANG Xingyan, FAN Guizhong, LI Zhiming, et al. Typic Deposit Analysis in the Eastern Kunlun Area, NW Chi-

- na[J]. *Northwestern Geology*, 2006, 39 (2) :143-155.
- 郑健康. 东昆仑区域构造的发展演化[J]. *青海地质*, 1992, 1 (1):15-25.
- ZHENG Jiankang. Regional tectonic evolution of the East Kunlun [J]. *Qinghai Geology*, 1992, 1 (1) :15-25.
- 杨言辰, 冯本智, 刘鹏鹗. 吉林老岭大横路式热水沉积叠加改造型钴矿床[J]. *长春科技大学学报*. 2001, 31 (1) : 40-45.
- YANG Yanchen, FENG Benzhi, LIU Peng e. Hydrothermal superimposed reformed deposit of Laoling type in Jilin province [J]. *Changchun University of Science and Technology*, 2001, 31 (1) : 40-45.
- 邵兆典. 海相热水沉积矿床问题探讨[J]. *广西地质*, 2000, 13(2):23-28.
- GAO Zhaodian. Discussion on marine hydrothermal sedimentary deposit [J]. *Guangxi Geology*, 2000, 13 (2) : 23-28.
- 孙丰月. 东昆仑成矿带重大找矿疑难问题研究[R]. 2009.
- SUN Fengyue. Research of the East Kunlun metallogenic belt on prospecting questions[R]. 2009.
- Joseph L. Graf, Jr. Rare Earth elements as hydrothermal tracers. during the formation of masive sulfide deposits involcanic rocks[J]. *Economic Geology*, 1997, 72 (4) : 527-548.
- Hutchison C S. *Economic Deposies and their Tectonic Setting*. a wiley-intercience Publication[J]. New York; 1985, 1-10.

《岩浆硫化物矿床》译文集正式出版

《岩浆硫化物矿床的地质、地球化学和勘查》一书的作者 A. J. Naldret 是加拿大多伦多大学的终身教授, 加拿大皇家科学院院士, 一生致力于岩浆铜镍硫化物矿床的研究。这本书对全世界重要的岩浆铜镍硫化物矿床和铂族金属矿床进行了阐释, 并对该类矿床的研究进展进行了全面讨论, 是一本非常重要的参考书, 欢迎广大科技工作者参考。

该书主要从岩浆铜镍铂族金属矿床成矿的视角, 对该类矿床的成矿特征和成矿机制进行了卓有成效的探讨。全书共分为十章, 插图 300 余幅。第一章概述了岩浆硫化物矿床的分类和对矿床成因的认识; 第二章是理论研究, 特别评述了近 10 年来在岩浆铜镍硫化物矿床成因研究中, 硅酸岩熔融体中硫的溶解度的概念和影响因素; 第三章至第八章分别介绍了与科马提岩有关的矿床、与溢流玄武岩火山作用有关的矿床、俄罗斯贝辰加地区矿床、加拿大沃尔斯贝矿床、中国的金川矿床、加拿大的萨德伯里矿区矿床等六类各种典型矿床的特征及其成因认识; 第九章专门介绍了铂族元素矿床; 第十章总结了岩浆铜镍及铂族金属矿床的成因认识, 并对利用其成因认识指导矿床勘查进行了思考。

《岩浆硫化物矿床》由地质出版社正式出版, 由中国地质调查局西安地质调查中心组织相关科技人员翻译。需要《岩浆硫化物矿床》译文集的读者可按以下地址联系:

710054 西安市友谊东路 438 号 西安地质调查中心图书馆 王宇

联系电话: 029-87821745

《西北地质》编辑部