

刚果(金)加丹加省 KABARE 铜钴矿床地质特征及成因分析

侯晓阳¹, 金 明¹, 白春东², 吴作愿¹

(1. 江苏省有色金属华东地质勘查局, 江苏 南京 210007; 2. 河北省区域地质矿产调查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: KABARE 铜钴矿区位于刚果(金)加丹加铜矿带大型推覆构造带的北部。该矿床地质工作及研究程度极低, 铜钴矿体受地层、后生逆掩挤压及断裂构造复合控制, 尤其在逆掩断层带中, 罗安群和恩古巴群接触带附近的碎裂岩带, 形成蚀变明显的铜钴赋矿岩性组合。通过区域地质背景、矿床地质特征分析, 认为该矿床经历了早期成岩成矿阶段, 后期多期构造热液叠加富集, 晚期次生氧化及表生风化淋滤改造多个阶段, 为层状多因复控型氧化矿床, 受岩性-构造复合叠加控制明显。

关键词: 铜钴矿; 地质特征; 矿床成因; 刚果(金)加丹加省

中图分类号: P618.41; P618.62

文献标识码: A

文章编号: 1674-3636(2013)02-0257-06

0 引言

新元古代和早古生代之间发生的泛非造山运动使得加丹加盆地闭合(Wilson et al, 1993), 形成了一条向北的褶皱逆冲断弧——卢菲利弧, 它蕴藏了世界上最重要的沉积型铜钴矿藏。加丹加铜钴矿带便位于卢菲利弧刚果(金)部分, 西起加丹加省科卢韦齐市西坎莫托矿床, 经腾凯—丰古鲁梅—利卡西, 向东至卢本巴希东南的肯森达矿床一带, 长约 300 km, 宽 100 ~ 150 km(李向前等, 2009)。

刚果(金)加丹加省有色金属资源丰富, 盛产铜、钴、镍、锡、铅、锌等, 其中铜、钴矿产具有储量大、品位高的特点。据统计, 刚果(金)铜金属量约 5 800 万 t, 钴金属量约 460 万 t, 矿石平均品位分别为 2.9% 和 0.12% 左右。以往国内外资料对加丹加省科卢韦齐地区铜钴矿床的地质研究较为成熟, 而对利卡西地区的铜钴矿床研究相对较少。笔者在野外地质调查及室内研究工作的基础上, 总结了 KABARE 铜钴矿区的地质特征, 并对该矿床的成因进行了探讨, 以期对加丹加省利卡西地区的铜钴矿产勘查起到促进作用。

1 区域地质概况

矿区大地构造位置位于加丹加铜钴矿带中部, 科卢韦齐—利卡西—卢本巴希近 EW 向大型推覆逆掩构造带的中部的北部前缘附近(图 1)。

1.1 区域地层

区域资料显示, 区内出露地层较简单, 主要发育新太古代基底核, 其上覆元古代加丹加超群及新生代盖层。

基底核地层为卢富布超群和木瓦超群。卢富布超群岩性为古元古代片岩、片麻岩及侵入其中的花岗岩, 木瓦超群岩性为石英岩及片岩。

元古代加丹加超群不整合接触于基底核之上, 厚度在 5 ~ 10 km, 由老到新可划分为罗安群(R)、恩古巴群(Ng)、库迪朗古群(Ku)3 个岩石地层单元。罗安群地层由海相硅化碎屑岩及碳酸盐岩组成, 岩性主要为白云岩、白云质页岩、粉砂岩、页岩、长石砂岩等。恩古巴群和库迪朗古群地层主要由碎屑岩组成, 岩性主要为砾岩、砂岩、粉砂岩等(Batumike et al, 2006)。

新生代盖层由新近系和古近系残坡积层组成, 新近系主要由含砾石砂土、砂质黏土组成, 部分地区

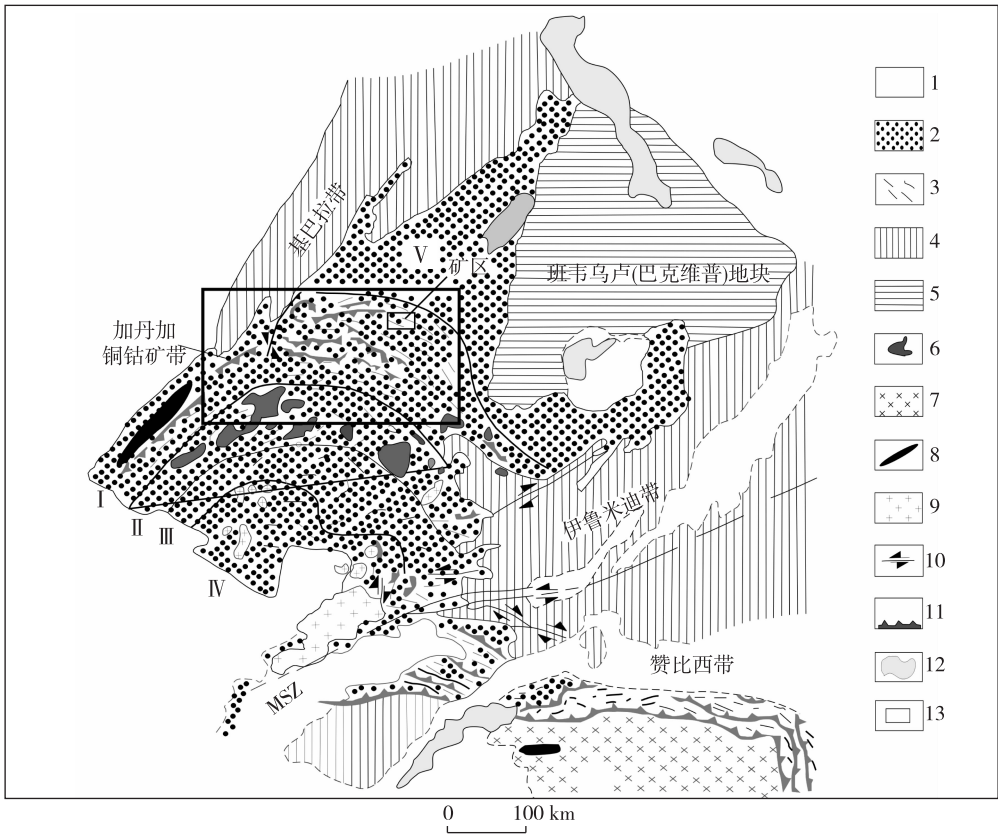


图 1 加丹加铜钴矿带区域地质简图
(据 Kampunzu et al, 2005 修改)

1-古生代至以后的岩石;2-具有构造方向的加丹加超群;3-赞比西带变质沉积岩和剪切基底;4-受基巴拉造山运动(1.4~1.6 Ga)影响的区域;5-班韦乌卢地块基底与沉积盖层;6-加丹加带内的基底;7-太古宙及古元古宙基底;8-加丹加镁铁质火成岩;9-加丹加超群内花岗岩岩石;10-走滑断层;11-推覆构造;12-湖泊;13-加丹加铜钴矿带范围
I -外部褶皱推覆带;II -穹窿地区;III -复向斜带;IV -加丹加高原;V -加丹加拗拉槽;MSZ-Mwembeshi 剪切带

为风积粉细砂,局部发育铁质层、铁质砂砾层。古近系岩性以砾岩为主。

1.2 区域构造

KABARE 铜钴矿区位于卢菲利弧(Lufilian)外部褶皱推覆构造带北部。卢菲利弧形构造带形成于5.15~6.45 亿年的卢菲利造山运动,受不同区域挤压主应力的影响,该造山带经历了3 个阶段。

(1)科尔维兹期向北逆冲推覆,形成大型推覆体。

(2)昆代隆古期为加丹加原始地块形成南部褶皱隆起。

(3)蒙威兹期形成近东西向走滑断裂构造(Cahen et al, 1984; Richards et al, 1988), 经历一系列复杂的构造运动后形成了现今 NW—SE 走向的弧形褶皱—推覆构造带。构造带内次级构造极其复杂,

推覆构造、褶皱、穹窿、断裂极其发育。

1.3 岩浆岩

区域上岩浆岩活动较弱,局部有侵位于加丹加超群中的花岗斑岩及闪长斑岩岩墙。

1.4 区域变质

区域有弱变质作用迹象,局部发育绿片岩相,产生似变沉积岩和片岩类岩石。

2 矿区地质概况

2.1 地层

矿区内主要由1 套浅海相粉砂岩、粉砂质页岩、泥质粉砂岩、长石石英砂岩、白云岩、白云质粉砂岩、白云质砂岩、灰岩等组成。各类岩石均不同程度地遭受过动力变质作用及热力变质作用。结合已有地

质资料及地质填图成果,矿区罗安群出露较少,仅在矿区中—北部呈近 EW 向零星分布。矿区中部、南

部有大面积的铁质层分布。在中部罗安群的南侧分布恩古巴群下部岩层(图 2)。

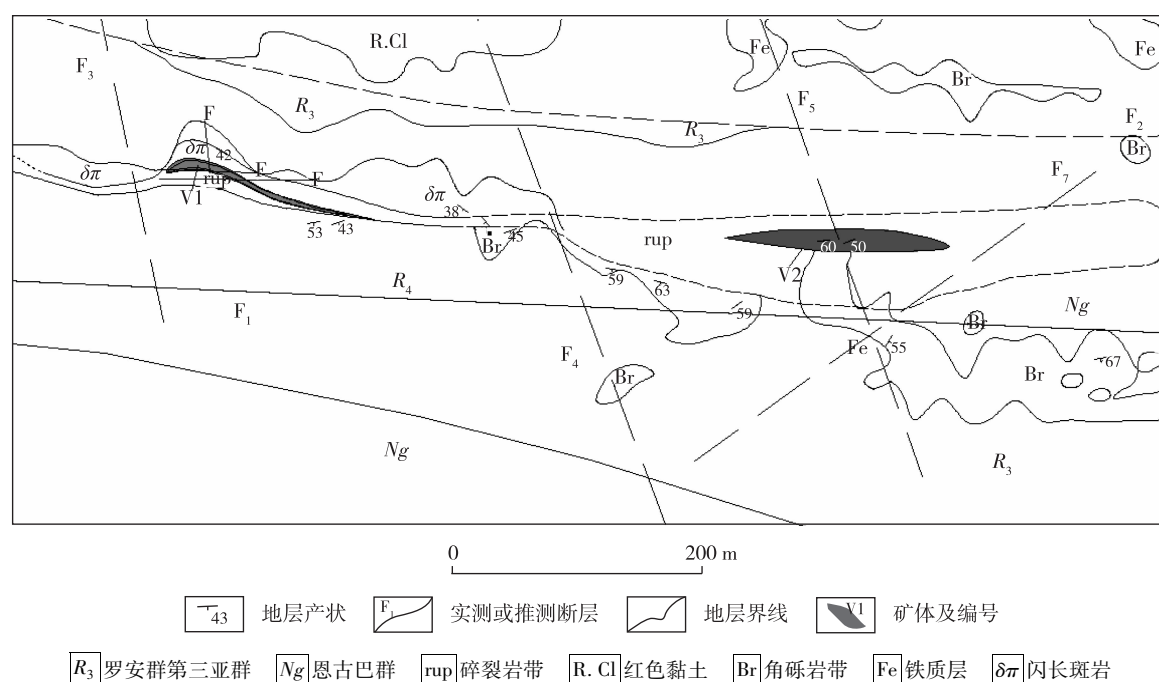


图 2 刚果(金)加丹加省 KABARE 铜钴矿区地质简图

罗安群(*R*)下部为页岩夹黑色硅质岩和赤铁矿层。Mwashya 亚群(*R*₄):白云质页岩、白云岩、碧玉岩。Dipeta 亚群(*R*₃):上部为微晶白云岩,局部夹粗砂岩及少量赤铁矿;下部为砂质页岩、砂岩、碳酸盐化较强。Mines 亚群(*R*₂):上部(*R*_{2.3})为含泥质滑石白云岩、细砂岩、页岩等;中部(*R*_{2.2})为白云质页岩夹砂岩、厚层状白云岩;下部(*R*_{2.1})为块状、层状硅化白云岩,底部为绿泥石白云质砂岩。RAT 亚群(*R*₁):地表极少出露,岩性主要为含绿泥石白云质页岩与粉砂岩互层。

恩古巴群(*Ng*)主要分布于矿区南部古河谷坡地,岩性为紫红色、红色泥质粉砂岩、细砂岩、泥质页岩。局部含 10%~20%、直径 3~10 cm 的砂岩质、灰岩质、页岩质砾石,岩石具有浅色花斑状构造和管状构造。

新近系岩性以红褐色褐铁质壳、黄褐—红褐色黏土层、灰白色砂土层为主。

2.2 构造

矿区位于利卡西 EW—SEE—NE 走向褶皱推覆体北部前缘。受区域性逆冲推覆构造影响,区内褶皱、断裂构造及不整合接触构造非常发育。

2.2.1 褶皱构造 矿区中部总体发育 1 个规模较大的背斜,褶皱轴线呈近 EW 走向,向西侧伏,地表出露长度为 5~6 km,出露宽度变化较大,20~300 m。褶皱呈倒转褶皱,褶皱面总体向南倾,北翼倾向向南,倾角一般为 30°;南翼倾向向南,倾角一般为 40°~50°。硅化白云岩、硅化白云质砂岩等构成背斜核部,白云质砂岩、粉砂岩、长石砂岩等构成背斜的两翼。

2.2.2 断裂构造 矿区内断裂构造发育,主要为区域逆冲推覆断裂、次级逆断层、层间断层等。各组断裂之间相互联系,往往作为含矿热液的流通通道及储矿空间。主要为近 EW、NW、NE 向。

近 EW 向逆冲推覆断层构造有 3 条,分别为 *F*₁、*F*₂、*F*₈,其中 *F*₁、*F*₂ 断裂延伸规模大,贯穿整个矿区。由于逆冲推覆断裂构造的强烈挤压作用,断裂带内岩石挤压变形破碎强烈,形成碎裂硅质岩、糜棱岩化闪长玢岩、石英角岩等,构成构造角砾岩带。*F*₁ 断裂与背斜南翼上部位置基本一致,控制南部角砾岩带的空间展布,总体倾向向南,∠42°~76°。*F*₂ 与背斜轴部位置基本一致,控制北部角砾岩带的空间展布。由于断裂构造的推覆逆冲作用,使得罗安群

深部较老地层向较新地层逆冲,导致矿区罗安群 Dipeta 亚群、Mines 亚群及 RAT 亚群相互穿插破坏,并重新包裹。

NW 向次级断层有 4 条,分别为 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_7 ,其中 F_3 、 F_4 、 F_5 呈平行展布, $\angle 45^\circ \sim 60^\circ$,断层性质为压扭性,错断背斜和矿体。次级断层较其他断裂构造形成时间较晚。对早期的地层有一定的破坏错位作用,与其他方向的构造叠加,控制角砾岩带的膨大狭缩,在一定程度上控制角砾岩带分支岩块的出露和分布。

2.2.3 不整合接触面 不整合接触面分布于矿区南部,呈不规则型环绕在 R_2 、 R_3 亚群地层边缘。 R_1 亚群、 R_2 亚群和 R_3 亚群地层存在沉积间断,地层接触部位的砾岩层中含有很多硅化白云岩层、硅化长石砂岩层、岩屑砾岩层的角砾岩。该组地层与上覆地层常呈不整合接触,在不整合面凸起部位 R_1 亚群、 R_2 亚群、甚至 R_3 亚群地层缺失,导致矿体间断(刘运纪等,2011)。

2.3 岩浆活动

矿区岩浆岩露头极少,但结合钻孔资料,矿区中部地下 100~200 m 存在闪长岩、闪长玢岩、花岗斑岩等岩浆岩。由于钻孔资料有限,岩浆岩体的产状及形态未能进行合理的判断。通过观察钻孔岩芯,发现矿区西部地区 120~200 m 之间存在断续的、厚度 2~4 m 不等的弱变质闪长岩。经分析,应为沿断裂上侵的细小岩枝。

3 矿床特征

3.1 矿化分布特征

根据已发现的矿化信息,结合钻孔、物探、化探异常特征,初步圈定铜钴矿体 2 条。认为圈定的铜钴矿化体具有明显的岩层、构造叠加控制特征。在

近 EW 走向的逆掩断层带中,在罗安群和恩古巴群接触带附近,在角砾岩带中变形强烈地段,发育特征的碎裂岩带,形成蚀变明显的赋矿岩性组合。并且在具有原始矿源,经推覆断裂和表生作用共同作用形成的浅层氧化铜钴矿(化)体,具有矿化较均匀且连续性较好、矿体或矿化体厚度较大的特征。

3.2 矿体特征

3.2.1 矿体形态、产状及规模 通过浅井、探槽等控制,矿区划分了 2 条铜钴矿(化)体。已控制的 1 号铜钴矿体总体长度为 720 m,平均水平宽度为 30.35 m。钴平均品位 0.19%,铜平均品位 0.38%。矿体总体形态为似层状、透镜体状。浅部矿体的倾角 $45^\circ \sim 76^\circ$,上盘附近产状缓,下盘附近产状偏陡。2 号铜钴矿体,其埋深大于 4 m,走向延伸大于 100 m。平均宽度约 36 m,厚约 3 m。据浅井刻槽取样分析,钴平均品位为 0.058 7%。矿体呈似层状、透镜体状,呈顺层状产出,其产状与地层产状基本一致, $\angle 30^\circ \sim 64^\circ$ 。

3.3 矿石特征

3.3.1 矿石结构、构造 矿石结构以他形粒状结构为主,少量隐晶结构、纤维状结构、霏细状粉晶结构、他形嵌粒状变晶结构,极少见自形晶结构残留。

矿石构造以浸染状、角砾状为主,其次为粉末状、带状、细脉状、鲕粒状、薄片状构造,局部小团块状和稀疏浸染状构造。

3.3.2 矿石成分 矿石中的铜矿物主要为孔雀石、铜蓝、黄铜矿、黄铁矿等,钴矿物主要有水钴矿、钴土矿。其他金属矿物有褐铁矿、赤铁矿、磁铁矿。脉石矿物主要有石英、滑石、方解石、斜长石、钾长石、黑云母、绿泥石、绿帘石、绢云母等。根据矿石全分析结果,矿石的主要化学成分为 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CuO 、 Co_2O_3 、 CaO 、 Al_2O_3 等(表 1)。

表 1 矿石光谱全分析结果

样号	岩石名称	质量分数/%								
		SiO_2	CaO	Fe_2O_3	FeO	MgO	K_2O	Na ₂ O	CuO	Co_2O_3
ZK401-H14	矿化泥质砂岩	40.50	1.22	0.49	0.07	12.10	0.21	0.16	0.89	2.10
ZK3601-H19	矿化中砾岩	65.70	1.12	5.43	0.12	3.06	0.03	0.04	0.78	3.20
ZK3601-H28	矿化辉绿岩	82.40	0.98	3.56	0.11	3.00	0.04	0.08	2.11	3.30
ZK3201-H55	矿化闪长岩	72.10	1.78	6.54	0.14	4.40	0.04	0.06	2.34	3.20
ZK3201-H66	矿化闪长岩	58.30	0.76	4.12	0.13	9.90	0.12	0.18	6.45	3.60
ZK4001-H18	矿化蚀变碎裂岩	69.90	1.34	3.23	0.10	8.10	0.57	0.12	7.01	3.20
ZK4001-H24	矿化蚀变碎裂岩	70.60	1.98	8.12	0.19	6.43	0.22	0.07	5.12	1.40

3.3.3 矿石类型 根据矿石氧化程度不同,可划分为氧化矿石、混合矿石和硫化矿石3个自然类型。

氧化矿石分布于浅部,由于长期的物理化学作用,地层中同生沉积富集的铜以及后期热液成矿阶段富集的钴在浅部氧化淋滤迁移,经历了多次搬运富集后,形成了次生氧化富集带,氧化深度可达200 m;主要矿石矿物有孔雀石、水钴矿、钴土矿,含少量斑铜矿及辉铜矿。混合矿带矿石矿物有孔雀石、辉铜矿、硫铜钴矿等。硫化矿带矿石矿物有黄铜矿、黄铁矿、硫铜钴矿等,脉石矿物主要为石英、滑石、方解石、绿泥石等。

3.4 铜钴赋存状态

参照研究区及邻区矿床资料,矿区氧化带的Co元素主要以水钴矿形式存在,而原生矿带则主要以硫铜钴矿形式存在。Cu元素在原生矿带主要以斑铜矿、黄铜矿、硫铜钴矿等形式存在,中—上部则以孔雀石形式存在,下部主要以辉铜矿形式存在。在地表浅部氧化带中,一般以钴矿化为主,伴生铜矿化,其他伴生组分极少。

3.5 成矿阶段

KABARE 铜钴矿床的矿化具有多阶段性,根据对矿石结构、构造、矿物共生组合关系,并结合野外观察到的地质现象,可将矿物划分为3个成矿阶段:第一阶段为沉积阶段,矿物组合为黄铁矿、黄铜矿、硫铜钴矿;第二阶段为构造作用—热液改造阶段,矿物组合为斑铜矿、黄铜矿、硫铜钴矿、铜蓝;第三阶段为风化淋滤氧化阶段,矿物组合为孔雀石、蓝铜矿、水钴矿、褐铁矿等。

4 矿床成因

KABARE 铜钴矿床的赋矿地层主要为罗安群木瓦夏亚群硅质白云岩和硅质碎屑岩,氧化深度可达200余m。其矿床特征与加丹加铜矿带上其他有着相同物质来源和成矿时代的大型铜钴矿床相比具有显著的差异,成岩成矿作用后,后生推覆逆掩挤压构造作用为该矿床的主要控矿因素,而断裂构造在热液改造、次生氧化和表生风化淋滤阶段起到主导作用。

4.1 铜钴初始富集阶段

中元古时期,罗德大陆发生裂解并形成裂谷盆地,此时罗安群开始沉积,发育于裂谷盆地的北东侧

边缘。至新元古代,由于大陆发生NW—SE向的裂解,以及裂谷地段和开裂板内差异运动的影响,裂谷盆地持续开裂导致台地迅速下陷,发生广泛的富含镁铁质的火山喷发。裂谷盆地中的同沉积断裂在大陆裂解的过程中不断加深,将上地幔富含Cu、Ag等成矿元素的气液沿同生断裂层上升,在海底发生喷气喷流沉积作用,铜钴矿初步富集,形成原始沉积。

4.2 构造及热液改造阶段

KABARE 矿床受到卢菲利造山运动强烈改造。早期沉积的矿化层被剧烈的构造切割破坏,岩层发生褶皱倾斜及构造破碎。构造及变质热液使得岩石中的硫化物活化、迁移,在构造裂隙及构造破碎带等有利储矿空间中再次沉积富集。

4.3 铜钴次生富集阶段

矿区所在地的自然地理及气候环境非常有利于矿床的氧化及次生富集。本区每年10月至次年4月为雨季,降水充沛、水系发育,年均气温为20℃。矿区内岩石破碎程度高,裂隙发育,透水性好。深大断裂错断地层和矿体,透水性较强,矿床深部基岩裂隙和构造裂隙水与外围水系沟通条件好。经过长期的剥蚀风化、氧化淋滤,矿床次生氧化作用极为充分,形成孔雀石、蓝铜矿、水钴矿、褐铁矿等金属氧化物,硫化物残余量极低。

5 结 论

根据以上矿床成矿地质条件、矿床地质特征、成矿作用等分析认为,本矿床的成因类型为同生沉积变质—热液叠加改造型铜钴矿床。

参考文献:

- 杜菊民,赵学章. 2010. 刚果(金)铜—钴矿床地质特征及分布规律[J]. 地质与勘探,46(1):165–174.
- 李志锋. 1992. 中非铜矿带地质勘查新进展[J]. 矿产与地质,6(6):448–453.
- 李向前,毛景文,闫艳玲,等. 2009. 中非刚果(金)加丹加铜钴矿带主要矿化类型及特征[J]. 矿床地质,28(3):366–380.
- 刘焕然. 2010. 非洲刚果(金)加丹加铜钴成矿带地质构造特征[J]. 资源环境与工程,24(2):137–140.
- 刘运纪,王纪昆,张泰. 2011. 刚果(金)DIMMA铜钴矿床地质特征及成因分析[J]. 地质找矿论丛,26(4):446–452.

- 孙培周, 侯娜. 2010. 刚果(金)科尔韦济市 MASHAMBA OUEST 铜钴矿区地质特征及矿床成因[J]. 中国科技信息, (8): 23–26.
- 孙国锋, 张明云, 鲁培庆. 2011. 中非铜矿带造山带特征演化模式[J]. 资源调查与环境, 32(2): 95–106.
- 张东风, 柳建新, 谢维. 2010. 激电测深法在非洲刚果(金)某铜钴矿区的勘查应用[J]. 地质与勘探, 46(4): 664–669.
- 赵英福. 2011. 刚果(金)科卢韦齐铜矿地质特征及成矿机理浅析[J]. 矿产与地质, 25(3): 203–207.
- BATUMIKE M J, KAMPUNZU A B, CAILTEUX J L H. 2006. Petrology and Geochemistry of the Neoproterozoic Nguba and Kundelungu Groups, Katangan Supergroup, southeast Congo: Implications for provenance, paleoweathering and geotectonic setting [J]. Journal of African Earth Sciences, 44(1): 97–115.
- CAHEN L, SNELLING N J, DELHAL J, et al. 1984. The geochronology and evolution of Africa[M]. Oxford: Clarendon Press.
- KAMPUNZU A B, CAILTEUX J. 1999. Tectonic evolution of the Lufilian Arc (Central African Copper Belt) during Neoproterozoic Pan African Orogenesis [J]. Gondwana Research, 2(3): 401–421.
- KAMPUNZU A B, CAILTEUX J L H, MOINE B, et al. 2005. Geochemical characterization, provenance, source and depositional environment of ‘Roches Argilo-Talqueuses’ (RAT) and Mines Subgroups sedimentary rocks in the Neoproterozoic Katangan Belt (Congo): Lithostratigraphic implications[J]. Journal of African Earth Sciences, 42(1/5): 119–133.
- RICHARDS J P, KROGH T E, SPOONER E T C. 1988. Fluid inclusion characteristics and U-Pb rutile age of late hydrothermal alteration and veining at the musoshi stratiform copper deposit, Central African copper belt, Zaire[J]. Economic Geology, 83: 118–139.
- WILSON T, HANSON R E, WARDLAW M S. 1993. Late proterozoic evolution of the zambezi belt, Zambia: implications for regional Pan-African tectonics and shear displacements in Gondwana [M]//FINDLAY R H, UNRUG R, BANKS M R, et al. Gondwana Eight: Assembly, Evolution and Dispersal. Rotterdam, Holland: Balkema, 69–82.

Geological characteristics and genesis of KABARE Cu-Co deposit in Katanga, Democratic Republic of Congo

HOU Xiao-yang¹, JIN Ming¹, BAI Chun-Dong², WU Zuo-Yuan¹

(1. East China Geological Exploration Bureau of Nonferrous Metals in Jiangsu Province, Nanjing 210007, China; 2. Regional Geology and Mineral Resources Survey Institute of Hebei Province, Langfang 065000, China)

Abstract: KABARE copper-cobalt mine was located in the northern part of large nappe tectonic zone in Katanga copper belt in Congo (DRC). The degree of geological work and research of the deposit was very low, copper and cobalt ore bodies were composited controlled by strata, epigenetic the overthrust squeeze and faulted structures, especially in the overthrust fault zone, cataclastic rock zone near Roan Group and Nguba Group contact zone near formed copper cobalt ore lithology combination with obvious alteration. Through analyses of regional geological background and ore deposit geological characteristics, the authors found that the deposit went through early diagenetic mineralization stage, post-polytectonic hydrothermal superimposed enrichment, later secondary oxidation and supergene weathering and leaching. The deposit belonged to layered and more complexed control oxide deposits with evident overlain control by lithology and structures.

Keywords: Cu-Co deposit; Geological characteristics; Deposit genesis; Katanga Province, Democratic Republic of Congo (DRC)