

刚果(金)科卢韦齐铜矿地质特征及成矿机理浅析^①

赵英福

(天津华北地质勘查总院, 天津 300170)

摘要:刚果(金)科卢韦齐铜矿位于世界第三大铜矿带中非刚果(金)一赞比亚巨型铜钴成矿带的西北部。矿体赋存在加丹加岩系的罗安群 R2 矿山组石英质白云岩、白云质片岩及硅质页岩中。通过对区域地质背景、矿床地质特征等分析,认为矿床形成于新元古代,产于裂陷地槽中,矿床早期受地层控制,中期受区域变质及岩浆期后热液改造,晚期受构造热液叠加及次生富集,矿床成因类型为沉积变质—热液叠加改造型铜矿床。

关键词:铜矿床;地质特征;成矿机理;科卢韦齐;刚果(金)

中图分类号:P618.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-5663(2011)03-0203-05

刚果(金)的矿产资源极为丰富,素有“世界原料仓库”、“中非宝石”、“地质奇迹”等美誉,盛产有色金属和稀有金属,矿业是该国经济的重要支柱。笔者根据刚果(金)加丹加省科卢韦齐(KOLWEZI)铜矿床勘查的情况,阐述了该矿床的地质背景与地质特征,对矿床成矿机理进行了初步分析,希望以此与在中非进行矿产资源勘查与开发的同仁共同探讨该区成矿地质规律,实现快速勘查与开发的目的。

1 区域地质概况

1.1 区域构造位置

根据 A. B. Kampanzu et al. 2005 年发表在非洲地球科学上的“非洲加丹加和谦比西带构造地质简图”所示(图 1),科卢韦齐(KOLWEZI)铜矿区位于加丹加西部的“外部褶皱和推覆构造带”南缘。

1.2 区域地层

区域出露地层主要为前寒武纪加丹加沉积岩相地层,地层总厚约 7000m,不整合于下伏的古老基底之上,主要为一套巨厚的海相浅水富碳酸盐岩、碎屑岩沉积,岩石具低级区域变质,以绿片岩相为主,由下至上分为罗安群、恩古巴群、孔德龙古群三个群,其中罗安群是主要赋矿地层(表 1)。

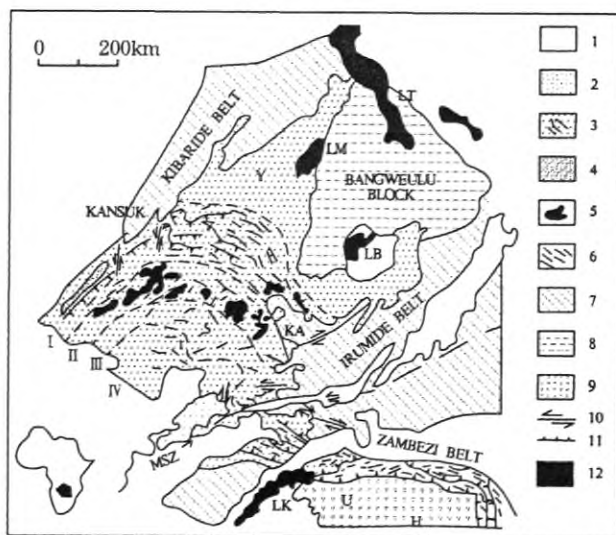


图 1 非洲加丹加和谦比西带地质简图

Fig. 1 Geological sketch of

African Katanga and Chambishi belt

1—古生代至以后的岩石 2—花岗岩,加丹加超群内的部分侵入体 3—具有构造方向的加丹加超群 4—卢菲利带内的镁铁质熔岩 5—卢菲利带的基底 6—谦比西带上的变质沉积岩和剪切基底 7—受基巴拉构造热液旋回影响的地区 8—巴克维普地块的基底与沉积盖层 9—太古宙至下元古基底 10—走滑断层 11—推覆面 12—湖泊 I—外部褶皱和推覆带 II—穹窿地区 III—复向斜带 IV—加丹加高原 V—加丹加拗拉槽 MSE Mwembeshi 剪切带

^① 收稿日期:2011-03-12 赵英福(1952—),男,山东济南市人,高级工程师,长期从事矿产地质勘查工作。E-mail:zhaoyingfu06@163.com。

表 1 刚果(金)加丹加岩系岩石地层序列表

Table 1 Diagram of lithostratigraphic sequence of Katanga, Congo

系	年龄 Ma	群	组	岩 性	与中国地台区对比
加丹加岩系	500±	孔德龙古(Ku)	Plateaux(Ku3)	页岩、长石砂岩	震旦系 Z
			Kinbo(Ku2)	白云质页岩、砂质页岩,砂岩	
			Kalule(Ku1)	白云质和砂质页岩、粉红色灰岩,含泥砾岩(Ku1.1)	
		恩古巴(Ng)	Monwezi(Ng2)	白云质页岩、粉砂岩	南华系 Nh
			Likasi(Ng1)	白云质或砂质页岩,白云岩或灰岩,火山作用,Pb、Zn 层控矿化作用,大砾岩(Ng1.1)	
	800±	罗安(R)	木瓦夏(R4)	白云质页岩(R.4.2)白云岩,碧玉层,火山碎屑岩(R.4.1)	青白口系 Qb
			迪佩特(R3)	白云岩夹砾岩互层,或白云质粉砂岩互层	
			矿山(R2)	白云岩、白云质页岩和粉砂岩,主要 Cu、Co 层控矿化作用	
			R. A. T. (R1)	粘土质、白云岩粉砂岩、砂岩和泥质岩;底砾岩	
				基底杂岩片岩、片麻岩、花岗岩及长英岩、砾岩等变	
基底	1000±	基巴拉			蔚县系 Jx 和长 城系 Ch
	1500±	Kilbara		质岩系	

注:据 Cailteax et al 1949,Francois 1987,1995,caiffeax,2003

1.3 区域构造

科卢韦齐(KOLWEZI)铜矿区位于区域加丹加弧形构造带北西部,它属于非洲中部卢菲利(Lufilian)弧形构造带的一部分。卢菲利弧形构造带形成于新元古代末板块碰撞。区域挤压主应力方向为南西—北东向,推覆方向为由南西向北东推覆。其褶皱—推覆构造带呈弧形,舌形部位向北东突伸。举世闻名的加丹加—赞比亚铜(钴)矿带就赋存其间,在刚果(金)境内,主要构造线在科卢韦齐—利卡西地区为北西西向,从利卡西—卢本巴西转为南东向延入赞比亚境内。构造带内次级构造极其复杂,穹隆、残丘、背向斜、推覆构造和断裂极其发育。

1.4 区域矿产

刚果(金)—赞比亚铜(钴)矿带早已闻名于世,是仅次于南美洲安第斯山(智利、秘鲁和阿根廷)和北美洲美国西南部—墨西哥的世界第三大铜矿带。在刚果(金)境内,该矿带自科卢韦齐(KOLWEZI)至卢本巴希(LUBUMBASHI)延长 350km,宽 50km,有大型、超大型铜(钴)矿床十多处。

2 矿区地质

2.1 地层

科卢韦齐(KOLWEZI)铜矿位于科卢韦齐复向斜南翼的次级复背斜近核部。矿区出露的地层主要为新元古界罗安群,出露 R1(R. A. T)、R2(R. A. T. gr、D. str、R. S. F、R. S. C、S. D. B、B. O. M. Z、S. D. S、C. M. N)两个岩组(图 2)。各岩组岩性层层序及

岩性详见表 2。

2.2 构造

矿区构造十分发育,褶皱以复式褶皱构造为主,矿区中部总体以一个规模较大的背斜为主,褶皱轴线呈近 EW 走向,向 E 侧伏,地表出露长 800m,西部被断层错失,东部被第四系覆盖。褶皱呈不对称褶皱,褶皱面总体向南倾,北翼地层近直立,或向南反向陡倾;南翼倾向南,倾角一般 30°~40°。紫红色碎裂含泥质粉砂岩(RAT)、灰色碎裂含泥质粉砂岩(RAT. gr)构成背斜的核部,D. str、R. S. F、R. S. C、S. D. B、B. O. M. Z、S. D. S、C. M. N 诸岩层依次构成背斜的两翼。

矿区南西部发育一鼻状背斜,背斜轴线在矿区内呈 NW 向,并向 NW 倾伏,向南呈 SW 向延出矿区外,该背斜地表出露长 1600m,在矿区地表出露长 600m,出露宽 400m,背斜北西端封闭,南端开放。

矿区断裂构造发育,方向主要有 EW、近 SN 及 NW、NE 向。沿 EW 方向发育的一系列规模不等的断层为推覆断裂构造,可进一步分为推覆体滑动带构造和次级推覆断裂构造两类。推覆体滑动带构造,发育在矿区南约 1km 处,罗安群直接叠置于上孔德龙古群或下孔德龙古群之上。次级推覆断裂构造由于断裂的逆冲作用,罗安群下部地层常上冲而出露地表,并导致罗安群下部地层重复。东西方向的断层性质多为压性逆断层。近 SN 向断裂在本区也较发育,规模较大的有两条,分布在矿区中部和西部,断裂性质为压扭性,错断背斜和矿体。NW、NE 向断裂在区内规模较小,断裂性质为压扭性,错断矿体。

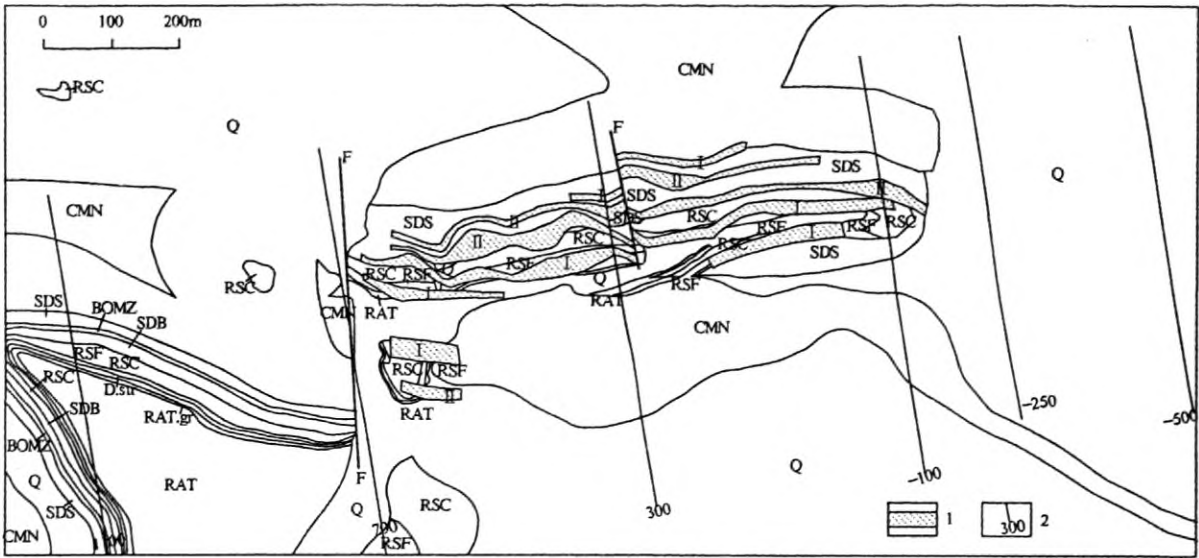


图 2 刚果(金)加丹加省 KOLWEZI 铜矿区地质图

Fig. 2 Simplified geological map of the Kolwezi copper deposit, Katanga, Congo

Q—第四系 CMN—白云岩 SDS—白云质片岩 BOMZ—石英质白云岩 SDB—白云质片岩 RSC—硅化白云岩 RSF—硅质页岩 D. str—灰岩 RAT.gr—灰色含泥质粉砂岩 RAT—紫红色含泥质粉砂岩 F—断层 1—铜钴矿体及编号 2—勘探线位置及编号

表 2 科卢韦齐铜矿区地层层序表

Table 2 Diagram of stratigraphic sequence of the Kolwezi copper deposit

群	组	层	岩性	备注	
罗安群	矿山(R2)	R2.3	CMN	白云岩	
		R2.2.2	SDS	白云质页岩	
		R2.2.1	BOMZ	石英质白云岩	含矿层
		R2.2.1	SDB	白云质片岩	含矿层
		R2.1.3	RSC	硅化白云岩	
		R2.1.2	RSF	硅质页岩	含矿层
		R2.1.2	D. str	灰岩	
		R2.1.1	RAT. gr	灰色含泥质粉砂岩	
	RAT(R1)	R1	RAT	紫红色含泥质粉砂岩	

2.3 变质岩

科卢韦齐(KOLWEZI)铜矿区的沉积地层岩石遭受过轻度区域变质作用,变质岩石主要有大理岩化白云岩、白云质大理岩、含粉砂板岩、白云质片岩、硅化白云岩等。

变质岩石的结构主要有变晶结构、变余结构;变质岩石的构造主要有块状构造、变余层状构造、千枚状构造、板状构造、片状构造。

组成变质岩的矿物主要以白云石、石英为主,少量绢云母、白云母、滑石、石墨等。白云石及石英呈它形粒状、镶嵌粒状,粒径一般 0.05~0.15mm;绢云

母、白云母、滑石、石墨、呈纤维状、鳞片状,并有规律地作定向排列。

2.4 围岩蚀变

矿区内围岩蚀变主要有硅化、白云石化、碳酸盐化、绢云母化、滑石化、高岭土化等。其中硅化、白云石化、碳酸盐化与矿化关系最为密切。

2.4.1 硅化

主要发育于 RSF 和 RSC 层中,在蚀变作用过程中,硅质及石英粉砂重结晶成微粒状石英和隐晶玉髓,或石英呈它形粒状,充填于白云石颗粒间,常不均匀或呈条带状分布,有的沿裂隙分布。

2.4.2 白云石化

白云石呈不规则细脉状产出,重结晶呈它形粒状、镶嵌粒状、半自形菱面体,粒径 0.02~5.00mm 不等,无定向均匀分布,常与硅化相伴生。

2.4.3 碳酸盐化

主要分布在 SDB、RSF 层中,呈不规则细脉状产出,伴随方解石细脉的出现,常见有辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿和斑铜矿等的产出。

3 矿床地质

3.1 矿体特征

矿体赋存于罗安群 R2 组地层内,在空间上受 RSF 硅质页岩及 SDB 白云质片岩地层层位控制。区

内共有二个主矿体,由南向北分别编号为 I、II 号。矿体呈近 EW 向展布,相互平行排列,总体走向 80°。矿体形态随地层褶皱变化而变化,形态复杂,总体呈一个南翼缓北翼陡—倒转的不对称背斜(图 3)并向东侧伏。矿体沿走向呈舒缓波状,有膨胀收缩、分枝复合现象。矿体地表出露长 750m,控制长度大于 1300m(650~700 勘探线),矿体厚一般 5~80m,平均厚度 13m,延深一般 200~300m,最大延深 400m。矿体中 $w(\text{Cu})$ 为 3.81%~8.19%,一般为 5%~6%; $w(\text{Co})$ 为 0.31%~1.39%。

西部出露地表的矿体由于受断裂、风化剥蚀和采矿所致,背斜的核部已不存在,仅残存南北两翼,东部矿体随侧伏埋深的加大,不对称背斜保存完整。

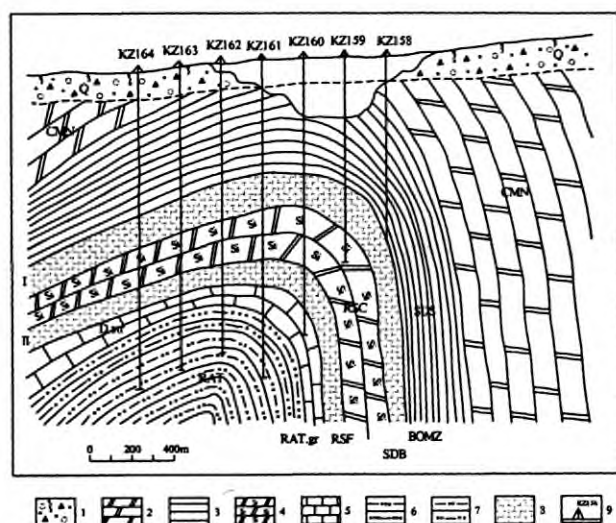


图 3 KOLWEZI 铜矿区—250 勘探线地质剖面图

Fig. 3 Profile map of exploratory

line -250 of the Kolwezi copper deposit

BOMZ—石英质白云岩 SDB—白云质片岩 RSF—硅质页岩 1—Q 第四系 2—CMN 白云岩 3—SDS 白云质页岩 4—RSC 硅化白云岩 5—D. str 灰岩 6—RAT. gr 灰色含泥质粉砂岩 7—RAT 紫红色含泥质粉砂岩 8—矿体及编号 9—钻孔位置及编号

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石结构、构造

矿石结构以它形粒状结构为主,少量半自形粒状结构、包含结构、隐晶结构、纤维柱状结构、纤维状结构、胶状结构、交代假象结构、周边结构等,其中纤维状、隐晶、胶状结构和纤维柱状结构是氧化带矿石特有结构。

矿石构造以层状、浸染状构造为主,其次为条带状、细脉状、斑杂状、块状、角砾状构造,少量皮壳状和稀疏浸染状构造。

3.2.2 矿石矿物成分

矿区矿石矿物成分较简单,据野外及镜下观察,有用矿石矿物主要有孔雀石、辉铜矿、黄铜矿,斑铜矿,少量硅孔雀石、自然铜、铜兰、赤铜矿、水钴矿、水钴铜矿、钴白云石、钴华、菱钴矿、钴土矿,微量硫铜钴矿、黑铜矿等,其它金属矿物主要有赤铁矿、针铁矿、镜铁矿、黄铁矿、褐铁矿等。

脉石矿物有白云石、石英、方解石、绢云母、白云母、绿泥石、砾屑、砂屑、粉砂、变泥质及磷灰石、石墨、电气石、绿帘石、钾长石、斜长石、黑云母等。

3.2.3 矿石类型

矿石自然类型主要有两种,氧化矿石和原生矿石(硫化矿石)。

氧化矿石分布于地表,铜钴品位较高。由于长期的物理和化学风化作用,地层中同生沉积富集的铜和后期热液成矿阶段富集的钴在地表氧化条件下淋滤迁移,有用金属元素多次搬运富集,形成了次生氧化富集带,氧化带深度一般 50~100m。主要矿石矿物有孔雀石,硅孔雀石,钴华、水钴矿、菱钴矿、钴土矿等。脉石矿物主要有石英、白云石、方解石、滑石、云母等。矿石结构有胶状结构、细粒结构;矿石构造有角砾状、蜂窝状、贝壳状、结核状。

原生矿石(硫化矿石)分布于氧化带下部,未经风化淋滤作用,保持原始状态或基本保持原始状态,主要有用矿物有黄铜矿,斑铜矿、铜兰、辉铜矿、硫铜钴矿、硫钴矿等。脉石矿物有石英、方解石、长石、滑石、云母、泥质及少量细砂屑等。矿石结构有致密结构、细粒结构、包含结构、交代假象结构、周边结构等;矿石构造有角砾状、致密块状、细脉状、条带状等。

4 成矿机理浅析

从该矿床的成矿地质特征分析,矿床产于中非中新元古代裂陷地槽中,形成于新元古代。综合对比加丹加成矿带上的矿床地质特征,本区成矿过程经历了以下几个阶段:

(1)铜初始富集阶段 中元古时期,中非古老基底大陆开始发生拉张裂陷,并形成地槽型沉积,至新元古代,裂陷地槽不断扩大加深,随拉张裂陷地槽中的同生断裂不断加深活动,最终切穿了地壳岩石圈达到上地幔,此时富含 Cu 等成矿元素的气液沿同生断裂上升,在海底发生喷气喷流沉积作用,形成了广泛的沉积铜矿层,完成了铜的初始富集。

(2)铜变质富集及热液富集阶段 新元古代

末,刚果—坦桑尼亚板块相对于安哥拉—Kalahari 板块碰撞引起卢菲利运动(加丹加运动),致使地槽抬升回返,褶皱造山。在褶皱造山作用过程中,因地应力的挤压形成了高温高压的地质环境,高温高压的作用使岩石发生区域变质并产生变质热液,在区域变质作用和变质热液作用下,加丹加初始沉积含矿地层发生区域变质,且分散的铜元素被变质热液淬取后沿层间滑脱构造或构造破碎带迁移沉淀,完成铜元素的再次富集。

褶皱造山运动的后期,随褶皱、断裂构造的不断加强及向深部发展,造成上地幔的岩浆沿深大断裂及背斜核部上侵,伴随岩浆侵入产生的富含 Cu、Co、U、Au 等成矿元素的岩浆热液也沿层间滑脱构造或构造破碎带充填交代,不但使铜更加富集,并且形成钴、铀、金等元素的富集成矿。

(3)构造运动促进铜富集阶段 中生代侏罗世伴随着老阿尔卑斯(Old Alpidic)地壳运动,赞比亚——加丹加地台内发生了大规模的复杂的穹隆、褶皱、断裂和推覆构造,推覆方向为由 SW 向 NE 推覆,由于主应力的中间强两边弱,使其褶皱—推覆构造带形成弧形,弧凸部位向北东突伸,推覆位移约 100~150km。伴随大规模强烈复杂的推覆构造活动,使该区的沉积变质热液改造铜钴矿体发生进一步褶皱变形,局部在褶皱和断裂的作用下使铜钴矿体叠合变

厚。此阶段大规模强烈复杂的构造活动产生的构造热液淬取了大量 Cu、Co、U、Au 等成矿元素在有利的构造部位和容矿空间内沉淀富集,由于含矿构造热液的叠加使矿体成矿元素 Cu、Co、U、Au 等进一步富集。

(4)铜次生富集阶段 侏罗世以后,在 1 亿年之久的漫长地质时间内,地表及近地表的铜钴硫化物矿物,因长期的物理和化学风化作用及氧化淋滤作用,使铜钴硫化物变为氧化物(或氢氧化物)的同时,Cu、Co 等成矿元素发生再次溶解、迁移、沉淀、富集,在氧化带下部形成 Cu、Co 等成矿元素的空前聚集。

据以上矿床成矿地质条件、矿床地质特征、成矿作用、成矿机理等分析认为,本矿床成因类型为沉积变质—热液叠加改造型铜矿床。

参考文献:

- [1] 何金祥. 非洲地质概要[J]. 国土资源情报, 2001(11): 11-13.
- [2] 阿尔芒, 弗朗索瓦. 刚果(金)铜钴矿带西部地区地质研究[R]. 北京: 奥盛蒂投资咨询有限公司, 2006.
- [3] 辛建伟, 王纪昆等. 刚果(金)绿纱铜钴矿床地质特征浅议[M]. 北京: 地质出版社, 2009, 71-75.
- [4] 宋小军, 李向前, 等. 刚果(金)加丹加群铜钴矿带控矿地质特征[M]. 北京: 地质出版社, 2009, 61-70.
- [5] 吴智慧, 芮仲清. 非洲矿产资源勘查和开发[J]. 中国地质, 1998 (5): 42-43.

Geological Characteristics and Mineralization Mechanism of The Kolwezi Copper Deposit, Congo

ZHAO Ying-fu

(Tianjing North China General Geological Exploration Institute, Tianjin, 300170)

Abstract: The kolwezi copper deposit of DRC is located in the northwestern part of central Africa Congo - Zambia giant copper cobalt metallogenic belt which is the world's third-largest copper best. Orebodies occur in quartz dolostone, dolomitic schists and silicon shale. Through the analysis of regional geological background and ore deposit geological characteristics, it is found that the deposit formed in Proterozoic era, early controlled by strata, in medium-term modified by regional metamorphism and magma hydrotherm, finally superimposed by structural hydrotherm and secondary enrichment. The genetic copper deposit type is sedimentary metamorphic-hydrothermal superimposed and modified deposit.

Key Words: Copper deposit, geological characteristics, mineralization mechanism, Kolwezi, the Democratic Republic of Congo (DRC)