

浅析坦桑尼亚卡鲁超群地质特征及含矿性

龚鹏辉^{1,2}, 刘晓阳^{1,2}, 孙凯^{1,2}, 吴兴源^{1,2}, 何胜飞^{1,2}, 许康康^{1,2}, 贺福清^{1,2}

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170; 2. 中国地质调查局华北地质科技创新中心, 天津 300170)

摘要:卡鲁超群代表了坦桑尼亚境内最早的显生宙沉积, 境内地层连续性较好, 主要发育于一系列由裂谷引起沉降进而形成的半地堑—地堑盆地中。在综合研究坦桑尼亚卡鲁超群的区域地质分布、岩性组合、沉积环境分析以及孢粉生物学等资料的基础上, 结合地质年代学特征系统厘定了卡鲁超群内部各组、段的沉积层序、沉积相和沉积时代, 并对这套地层的含矿性特征进行了归纳、总结。综合分析认为, 坦桑尼亚卡鲁超群的岩性总体表现为一套砂岩—页岩组合, 其沉积时限为晚石炭世至早侏罗世, 沉积环境自下而上分别为冰川相、湖泊相、河流相, 与南非典型的卡鲁超群具有可比性; 显示出良好的煤矿和砂岩型铀矿成矿潜力, 并且存在许多油气、石墨资源找矿线索。

关键词:卡鲁超群(Karoo Supergroup); 沉积环境; 含矿性; 坦桑尼亚

中图分类号: P618.11

文献标识码: A

文章编号: 2097-0188(2023)01-0050-11

坦桑尼亚地处非洲东部, 濒临印度洋, 矿产资源丰富、矿种齐全, 近十几年来是非洲矿业发展较快的国家之一。坦桑尼亚政局较稳定, 相关各项矿业法律法规及投资政策优惠, 吸引着全球众多国际矿业巨头前来开展矿产资源勘查开发工作, 目前已基本探明黄金、银、钴、镍、铜、铅、锌、铁、煤等主要矿产资源, 尚处在工作阶段中的矿产资源有铀、稀土元素、锰和油气等^[1,2]。

笔者先后多次出访坦桑尼亚开展中东部非洲矿产资源潜力分析评价工作, 收集了相关的境外地质资料, 曾多次前往卡鲁岩盆地开展地质调查工作, 对卡鲁超群有一定程度的认识。本文在综合整理前人资料的基础上, 聚焦坦桑尼亚目前比较热门的卡鲁超群, 浅析其研究进展及含矿性特点, 希望能为国内矿企实施“走出去”战略提供一定的指导, 从而有助于进一步勘查与开发。

1 卡鲁超群(Karoo Supergroup)特征

100多年前, 德国地质学家(Wilhelm C.E. Bomhardt)在其论文中首次对坦桑尼亚Rufiji北部地区卡鲁(Karoo)地层进行了描述^[3]。1980年, “Karoo”一词才首次被当做地层沉积序列术语真正引入, 用来记

录晚石炭世至早侏罗世这段时期的沉积历史, 而“Karoo”最早是南非(South Africa)一个小镇的地名。

1.1 典型卡鲁超群特征

目前学术界对卡鲁岩系的界定有狭义和广义之说。持狭义观点的学者以 Schluter 等人为代表^[4], 认为卡鲁(Karoo)超群具有典型的层沉积序列, 从底到顶依次由冰碛岩、煤系地层、扇—三角洲碎屑岩和玄武岩组成, 主要记录了晚石炭世至早侏罗世的沉积历史。从广义观点来看, 大多数学者认为^[5-7]撒哈拉南部的非海相地层统称为卡鲁群地层, 广泛分布在东非、南非的地堑盆地内, 泛指晚石炭世—早侏罗世在东非卡鲁(Karoo)盆地的沉积记录和演化历史。从时间上来看, 卡鲁岩系沉积的这段时期与冈瓦纳大陆破裂时期是相当的, 它从侧面反映了整个非洲大陆所经历的系列构造运动和气候变化事件。现今卡鲁(Karoo)盆地中的卡鲁地层多是残留块体^[4,7]。

典型卡鲁(Karoo)超群的形成, 至少经历了以下两个阶段的构造演化:

(1)Karoo克拉通前陆阶段(晚石炭世—中三叠世)

这个阶段是典型Karoo群主要沉积期, 位于南非的Karoo盆地内。现今南非的Karoo盆地是一个典型的前陆盆地, 它是在早期裂谷盆地的基础上叠合

收稿日期: 2021-12-16

资助项目: 中国地质调查局项目“非洲中东部大型铜—钴资源基地评价(DD20190439)”、“海上丝绸之路非洲中东部7国矿产资源潜力评价(121201006000150014)”。

作者简介: 龚鹏辉(1987-), 男, 工程师, 毕业于吉林大学, 主要从事境外地质调查研究工作, E-mail: gongpengfei123456@163.com。

而成的(图1)。其构造演化经历了4个主要阶段:1)克拉通阶段(1 Ga~0.6 Ga):早期的原型盆地是在Kalahari克拉通基础上演化而来,此时位于非洲最南端的泛非构造带开始活跃;2)冈瓦纳南部伸展阶段(0.6 Ga~300 Ma):泛非构造带在岩石圈减薄的持续伸展作用下,形成了系列断陷裂谷盆地;3)冈瓦纳南部挤压阶段(300 Ma~183 Ma):伴随着非洲大陆最南端的福克兰高原(Falkland Plateau)向非洲板块俯冲,形成新开普造山带,盆地也从早期的裂谷盆地演化成克拉通前陆盆地;4)冈瓦纳大陆裂解阶段(183 Ma):区域应力由挤压作用重新转为拉张为主,持续断陷作用沉积了厚层陆源碎屑物,后期遭受火成岩的侵入,沉积一套玄武岩。

南非的Karoo盆地的Karoo超群可进一步细分为5个组,自下而上依次为Dwyka组、Ecca组、Beaufort组、Stormberg组和Drakensberg组,最大厚度达

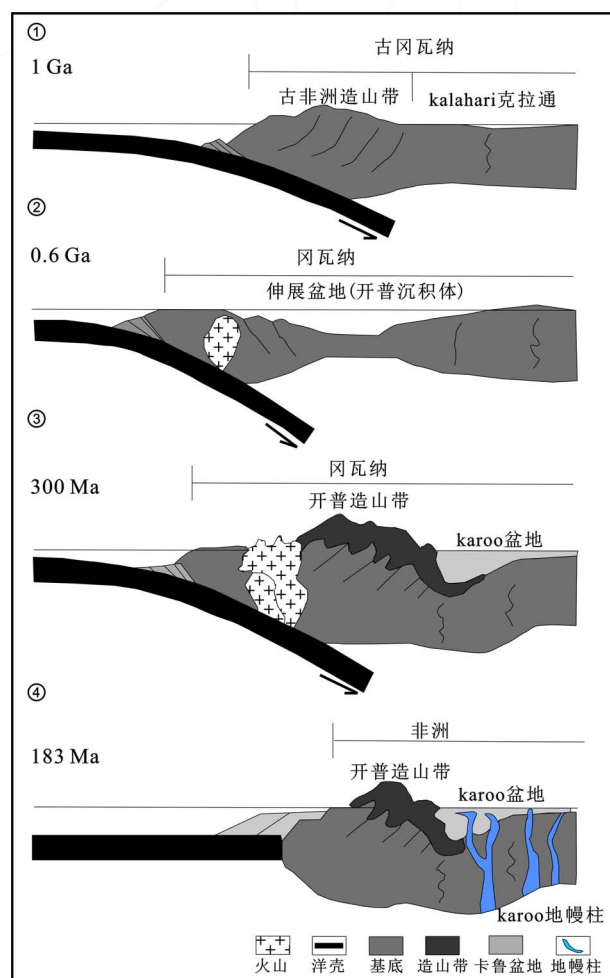


图1 南非Karoo盆地构造演化示意图(据许志刚,2014修编)

Fig.1 Tectonic evolution sketch map of the South Africa Karoo Basin

到6 000 m,沉积环境从早期的冰川到深湖、三角洲、河流和后期的火山沉积作用,其中Ecca组所沉积的一套煤系地层和黑色页岩一直受到广泛关注。有学者指出,这套煤系地层具有“倾气性”,而黑色页岩具有“倾油性”^[8]。

(2)Karoo陆内裂谷阶段(晚三叠世-早白垩世)

在晚三叠世至早白垩世期间,整个东非大陆遭受持续的抬升作用,早期沉积的卡鲁地层剥蚀严重,残存较少。三叠纪末期,形成了一系列沿坦桑尼亚北东-南西(NE-SW)走向伸展的陆内裂谷,这些裂谷盆地后期随着接受剥蚀的卡鲁地层,逐渐演变成现今的卡鲁盆地。但由于早期卡鲁超群地层遭受剥蚀程度不一,这些裂谷盆地所残存的卡鲁地层的分布差异较大,统称卡鲁地层。

1.2 坦桑尼亚卡鲁(Karoo)盆地及地层分布特点

坦桑尼亚大地构造位置位于东非裂谷系西支中南段,区内广泛分布了大量卡鲁地堑盆地(图2)。卡鲁超群代表了坦桑尼亚境内最早的显生宙沉积,地层总体上连续性较好,主要发育在一系列由裂谷引起沉降进而形成的半地堑-地堑盆地中。其中以Ruhuhu盆地、Selous盆地、Usangu盆地、Rukwa盆地、Songwe-Kiwira盆地和Tanga盆地最为著名,又以Ruhuhu盆地和Selous盆地出露Karoo地层最为典型。

1.2.1 鲁胡胡(Ruhuhu)盆地

Ruhuhu盆地位于尼阿萨湖的东岸,是目前认为坦桑尼亚出露最典型Karoo地层剖面的卡鲁盆地(图3)。Semkiwa等人将Ruhuhu盆地的Karoo超群自下而上划分为8个地层单元^[9-12],分别为K1,K2,K3,K4,K5,K6,K6,K7,K8(表1)。

K1:冰期Idusi组,不整合沉积在前寒武基底之上,出露在盆地边缘,主要由下部混杂陆相沉积岩和上部的韵律砂岩组成,厚度大约560 m,据孢粉学研究,其沉积年龄相当于南非泛冈瓦纳大陆期,大致为晚石炭世-早二叠世冰期^[13],是Karoo超群最老的地层单元。

K2:含煤Mchuchuma组,整合沉积于K1之上,主要由页岩、含黄铁矿粉砂岩、石灰岩和泥岩组成,多呈砂岩-泥岩-页岩韵律旋回出现,伴有波纹层理,显示较弱的水动力环境。厚度大约110~280 m不等。该层位包含40多个独立的含煤层,大多数较薄,其中6个较厚,最厚的达7.5 m。Foster等人对页岩-煤岩相进行了孢粉生物地层学研究,显示时代为下二

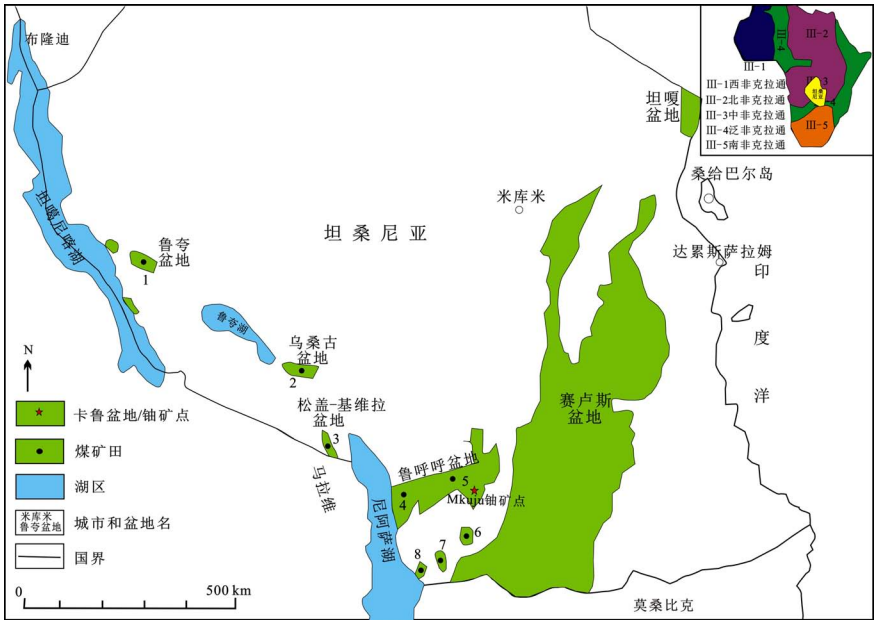


图2 坦桑尼亚卡鲁盆地分布图(据 P.Semkiwa,2003修编)

Fig.2 Distribution map of the Karoo basin in Tanzania

1.Namwele-Mkomolo 煤田;2.Gulula 煤田;3.Songwe-Kiwira 煤田;4.Ruhuhu 煤田;
5.Ketewaka-Mchuchuma 煤田;6.Njuga 煤田;7.Mhukuru 煤田;8.Mbamba Bay 煤田

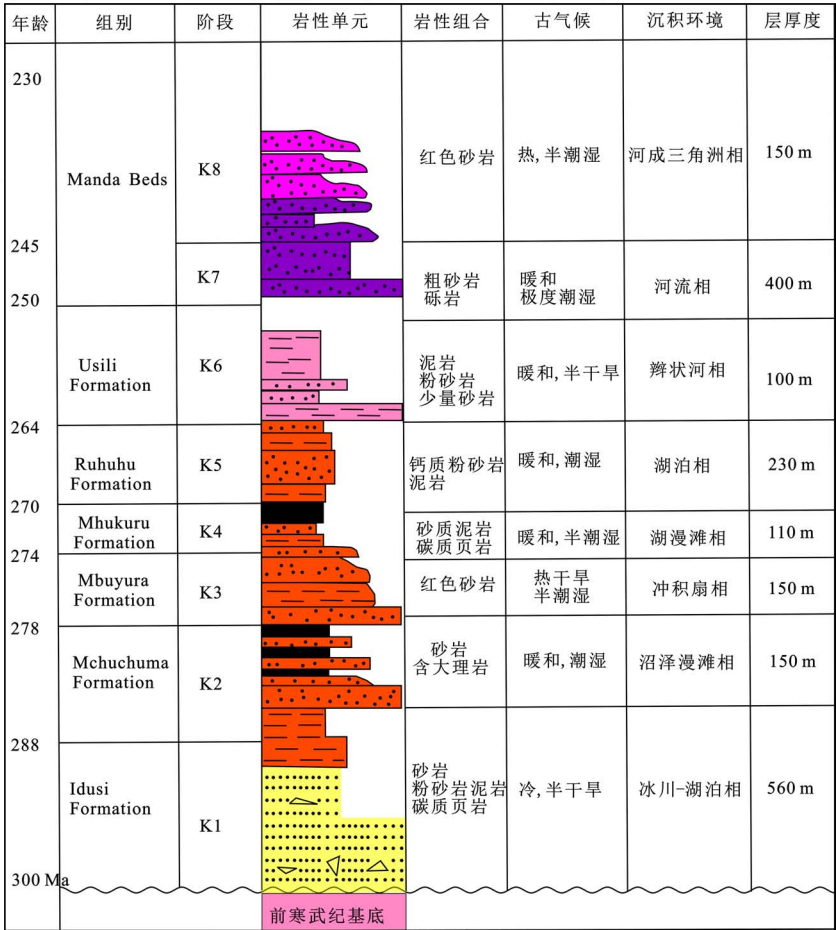


图3 坦桑尼亚 Ruhuhu 盆地卡鲁地层剖面图(据 Catuneanu,2005修编)

Fig.3 Profile of Karoo Supergroup in the Ruhuhu Basin, Tanzania

表1 Selous盆地卡鲁地层柱状图
Table 1 stratigraphic column of the Selous Basin Karoo supergroup

时代	单元	岩性	厚度/m	沉积相	化石
晚侏罗	Nandanga	砾岩、浅黄色粗粒砂岩	3 000	河流相	化石木
	Madaba	砂岩、粉砂岩和泥岩	300	河流相	蜥脚类化石
上三叠	Mkuju	粗粒白色钙质砂岩	200	河流相	多足动物化石
	Mbarangandu	粗粒灰黄色砂岩	250	河流相	未定种植物化石
	Luwegu	红色粉砂岩	200	河流相	
	Mahogo	中粗粒砂岩、夹粉砂岩	300	河流相	
中三叠	Luhombaro	中粗粒砂岩, 含粉砂岩和泥岩薄层	1 400	河流相	恐龙化石
下三叠	Rufiji	中粗粒灰色砂岩, 夹泥岩和粉砂岩	2 100	河流相	
晚二叠	Hatambulo	中粗粒砂岩, 夹页岩	900	三角洲-湖泊相沉积	爬行类化石

叠统阿瑟尔阶^[14]。该层可类比于南非Mankie煤田*Ec-ca*组的黑色页岩主煤层、赞比亚南部Gwembe煤田的*Bira*含煤层和赞比亚*Mpwashi*组的Luampa煤组^[15]。

K3: *Mbuyura* 组, 不整合沉积于K2之上, 自下而上依次由粗粒长石质砂岩、红色和绿色粉砂岩和泥岩组成, 多呈砂岩-粉砂岩-泥岩韵律层出现, 存在多达14个韵律旋回。本组厚度100~160 m不等, 顶部的泥岩常被下部的粗砂岩穿切, 槽状和平面交错层理显示了快速沉积环境。

K4: 含煤*Mhukuru* 组, 由灰色蚀变砂质泥岩、碳质页岩和较薄含煤层组成。K4的标志是出现暗色碳质页岩位于红色泥岩之下, 组内泥岩和粉砂岩韵律出现, 厚度变化65~300 m不等(在Ngaka地区65~130 m, 而在Mhukuru盆地南部厚达300 m); K4顶部的钙质含量逐渐升高, 在出现石灰岩层标志层后, 进入K5组。

K5: *Ruhuhu* 组, 以出现细粒钙质粉砂岩、石灰岩岩层、钙质泥岩和叠层碳酸岩为特征, 黑色碳质泥岩间或出现, 顶部出现硅化木和陆缘碎屑。本组厚度约200~320 m, 局部达到430 m。依据孢粉生物学证据, 在Mikumu盆地内相似岩相单元相当于晚二叠世^[15]。该组可与津巴布韦和赞比亚的*Madumabisa* 页岩、肯尼亚的*Lower maji ya chumvi* 岩层在时代和成因机制对比^[16-17]。

K6: *Usili* 组, 整合接触于K5之上, 以出露一套粗粒碎屑岩为标志。岩石颜色从灰绿变成红色、灰色和紫色, 暗示负Eh环境, 岩性从砾岩和粗砂岩开始至泥岩、粉砂岩均有出露, 但主要为含化石骨骼的泥岩和粉砂岩, 大约出现13个韵律旋回。雨痕和泥裂的出现, 显示其干旱的沉积环境。本组厚度大于300 m。兽齿类脊椎动物化石和植物化石时常出现, 年代为二叠系的最上部^[17]。

K7和K8都属于*Manda* 岩层。不整合沉积于K6

之上, 整个厚度大于1 200~1 700 m。K7为*Kingori* 砂岩, 由350 m厚的粗粒砂岩和含较少长石和云母的砾岩组成, 这些石英砂质岩显示较弱的水动力环境, 组内向上岩石的粒度变至细粒, 孢粉学证据显示其时代为中三叠世^[17-18], K7组可与Selous盆地的*Rufiji* 建造^[16], 赞比亚和津巴布韦的*Escarpment*砾岩类比。K8为*Lifua member*, 以出现第一层红色厚层粉砂岩-泥岩单元为标志, 组内主要充填红色砂岩和泥岩, 晚期中段出现具爬行类化石骨骼的泥岩, 化石证据显示其时代大约为晚三叠世^[19]。K8岩相可与津巴布韦和赞比亚的*Red Marly* 砂岩、*Kato* 泥岩, *Kenya* 的上*Maji ya chumvi* 岩层和南非的*Burgersdorp* 组岩性类比。

总体上来说, *Ruhuhu* 盆地内的地层可细分为五套沉积层序: ①冰川沉积、②煤系地层、③红层、④冲积扇沉积、⑤河流三角洲沉积。每套层序底部基本上都发育粗粒碎屑和砾岩, 并往顶部粒度逐渐变细。盆地内的沉积层序与南非Karoo层序相比, 具有一定的相似性, 尤其底部的冰川和煤系地层, 是早期Karoo群地层的残留, 属于Karoo克拉通前陆阶段的沉积产物; 而后期的红层、冲积扇以及河流三角洲沉积显然受到周缘物源供给的影响, 形成了现今*Ruhuhu* 卡鲁沉积盆地^[20-25]。

1.2.2 塞卢斯(Selous) 盆地

Selous盆地位于坦桑尼亚东南部, 出露典型的卡鲁地层, 是坦桑尼亚最大的Karoo盆地。Otfried Hankel^[18]对该区做了大量地质工作, 认为Selous盆地卡鲁地层总厚度达6 000 m, 沉积相以三角洲-湖泊和河流相为主, 出露各类古生物化石, 沉积时代从晚二叠世至晚侏罗世, 并总结出了Selous盆地Karoo岩系的地层柱状图, 见表1, 将Karoo超群自下而上划分为9个组^[13-17], 分别为: *Hatambulo*, *Rufiji*, *Luhombaro*, *Mahogo*, *Luwegu*, *Mbarangandu*, *Mkuju*, *Madaba*, *Nandanga*。

Hatambulo 组: 是 Selous 盆地中出露最老的 Karoo 岩石, 不整合沉积于前寒武基底之上, 主要分布在 Hatambulo 山以北的地区, 以长石砂岩和黑色页岩为主, 三角洲-湖泊相沉积, 地层厚度大约为 900 m。在典型区域, 岩层可进一步划分为 4 个段, 自下而上依次为 *Kidahi Member*, *Pangani Member*, *Sumbadzi Member* 和 *Ruaha Member*。*Kidahi* 段出露在基底之上, 沿着 Lufuji 河边部出露, 厚度约 300 m, 由灰色中粒到粗粒长石砂岩和绿色页岩组成, 为河流相沉积; *Pangani* 段主要由大量灰色至白色粗粒至巨粒长石砂岩组成, 局部出现交错层理, 岩层厚度约为 180 m; *Sumbadzi* 段主要出露在 Sumbadzi 河附近, 由湖泊相黑色页岩序列组成, 最小厚度 200 m, 黑色至暗色页岩-粉砂岩-泥岩韵律出现, 夹中粗粒砂岩岩层, 与上覆段呈角度不整合接触关系, 页岩部分逐渐变质为薄状煤层; *Ruaha* 段主要出露在大 Ruaha 河附近, 岩性以中粗粒长石砂岩为主, 该段上部出现一些红色粉砂岩夹层, 最小厚度 300 m, 出现板状交错层理, 为河流相沉积环境。Lider 和 Lejal-Nicol 从 *sumbazi* 段发现的植物化石, Goubin 发现的微生物群落都认为其时代为晚二叠世^[21-23]。另在组内发现了爬行类化石, 但由于缺少特有特征, 无法准确定年。*Hatambulo* 组可与南非的 Adelaide 超群进行对比, 相当于 Ruhuhu 盆地 K5-K6 时期。

Rufiji 组: 以 Rufiji 河来命名, 不整合沉积于 *Hatambulo* 组之上, 典型剖面位于 Luhombero 地堑的两侧, 受断裂和褶皱控制。主要由韵律旋回长石砂岩组成, 每个旋回底部出现灰色粗粒砂岩, 上部为中粒交错层理砂岩, 顶部为细粒粉砂岩。地层厚度达 2 100 m, 辫状水系沉积相。植物化石证据显示其时代为早三叠世^[24-25], 与肯尼亚的上 *Maji ya chumvi* 可对比, 相当于 Ruhuhu 盆地的 K7、K8 时期。

Luhombaro 组: 以 Luhombaro 河来命名, 不整合沉积于 Rufiji 组之上, 典型剖面位于 Luhombero 地区 (QDS251)。该组由一系列旋回组成, 底部旋回主要为灰色-黄色中粗粒长石砂岩, 顶部过渡为细粒砂岩、粉砂岩和泥岩。地层厚度达 1 400 m, 河流-三角洲相沉积。脊椎动物化石(可能为恐龙化石)痕迹显示其时代可能为中三叠世^[18-20], 与肯尼亚的 *Lower Mariakani Sandstone* 和津巴布韦的 *Madumabisa* 页岩可对比。

Mahogo 组: 以 Mahogo 山来命名, 整合沉积于

Luhombaro 组之上, 典型剖面位于 Mahogo 山和 Lihimbire 山地区 (QDS252、QDS265)。该组主要由一系列河流相旋回组成, 岩性以灰黄、灰绿色长石砂岩为主, 一般伴有板状交错层理。地层最小厚度为 300 m, 河流相沉积。孢粉学证据显示, 其时代为下卡尼安 (Carnian) 阶^[18-24]; Dolby 和 Balme 发现了专属于中-晚三叠世的孢粉; Lejal-Nicol 发现了与南非 *Molteno* 组一致的化石植物群, 其时代为晚三叠世, 综合分析认为其时代为晚三叠世卡尼安 (Carnian) 期。该组可与西澳大利亚 Carnarvon 盆地的 *Mungaroo* 岩层、津巴布韦 *Molteno* 岩层相对比。

Luwegu 组: 以 Luwegu 河来命名, 整合沉积于 *Mahogo* 组之上, 典型剖面沿着 Luwegu 河 SW-NE 向 Mahogo 山和 Lihimbire 山地区 (QDS265、QDS266) 附近。该组主要由红色粉砂岩组成, 典型的红色岩相沉积, 含灰绿色细砂岩夹层。地层厚度大约为 200 m, 河流冲积平原相沉积, 可能为半干旱古气候条件。孢粉学证据显示, 其时代为卡尼安 (Carnian) 阶上部至诺尼安 (Norian) 期^[18-20]。该组与南非 Elliot 组年龄相当, 岩性与津巴布韦细粒 *Red Marly* 砂岩相同。

Mbarangandu 组: 以 Mbarangandu 河命名, 整合沉积于 *Luwegu* 组之上, 典型剖面位于 Mbarangandu 河和 Njenje 河流地区 (QDS266)。该组主要由一系列河流相旋回组成, 由一套灰黄色中粗粒长石砂岩组成, 常伴有板状交错层理。地层最小厚度估计为 250 m, 辫状河水系沉积。因缺少该组特征性植物化石及孢粉证据, 依据区域地层关系, 推测其时代为诺尼安 Norian 期。该组与南非 *Clarens* 组同时代, 可能与津巴布韦 *Pebbly Arkose* 组为相同地层。

Mkuju 组: 以 Mkuju 河而命名, 整合沉积于 *Mbarangandu* 组之上, 典型剖面位于 Mkuju 河和 Njenje 河流地区 (QDS289)。该组主要由一系列河流相旋回组成, 旋回以粗粒长石砂岩为主, 以普遍白色局部红色为特征区别于其他较老地层组, 偶含粉砂岩夹层。地层最小厚度约为 200 m, 辫状河相沉积。爬行类动物残骸和植物孢粉学证据显示^[17-20], 其时代为瑞堤 (*Rhaetian*) 阶, 这与 Lejal-Nicol 在 Mkuju 河中发现的植物化石年龄一致。该组与津巴布韦 Forst 砂岩地层具可比性。

Madaba 组: 以 Madaba 河来命名, 整合沉积于 *Mkuju* 组之上, 典型剖面位于 Madaba 河上游地区 (QDS253)^[25]。该组具典型红层相建造, 沿着河流向

上粒度逐渐变细特征,岩性主要为一套杂色砂岩、粉砂岩和泥岩。地层最小厚度约为300 m,曲流河沉积环境。在底部可见与Mkuju组沉积接触,可以认为其在Mkuju组之上。古气候可能为类似湿热环境。该组的植物化石保存非常差,Lejal-Nicol发现了沉积岩中包含很多大型蜥脚类恐龙骨片,依据骨片特征,推测为圆顶龙,其时代定年为侏罗纪。

Nandanga组:以Nandanga河来命名,不整合沉积于Madaba组之上,典型剖面位于Nandanga地区(QDS253)和Lihimbire山地区(QDS265),从北到南广泛分布。该组岩石类型混杂,主要由板状粗粒长石砂岩组成,分选差孔隙度高,颜色从浅黄色到灰褐色之间变化,大量岩层伴有大型交错层理。地层厚度大约为300 m,河流相沉积,本组除了新生代沉积盖层外,未发现更年轻的岩石地层,是Selous盆地Karoo超群的盖层。从采集到的植物化石、出露的大量化石木和Lejal-Nicol^[18-20]孢粉学研究,认为其时代为侏罗系里阿斯统(Liassic),这与从Nandanga组采集到的火山岩(放射性年龄186 Ma~164 Ma)时代一致。该组相当于肯尼亚Shimba Grit组。

1.2.3 鲁夸(Rukwa)盆地

Rukwa盆地位于坦桑尼亚西部,紧邻坦噶尼喀湖(图2),大致呈北西-南东走向,是新生代裂谷盆地。中国石油考察组^[26]通过研究盆地周边的Karoo露头表明,Karoo地层不整合或呈断层接触沉积于结

晶基底之上,其上被白垩系的红色砂岩群(Red Sandstone Group)所覆盖。盆地中Karoo超群可自下而上大致分为3套岩系,第一套岩系假整合或超覆不整合于前寒武系结晶基岩上,最大厚度约为30 m,岩系内上部为灰白色、浅黄色多裂隙的粉砂岩和泥岩,下部有砾岩,分布不均;第二套岩系为含煤的沼泽相沉积,是Karoo的主要产煤地层,厚约48 m。上部岩性为深灰色砂质泥岩、煤质页岩,煤层夹灰白色、灰黄色细砂岩,下部岩性为砂质泥岩和砾岩;第三套岩系为红褐色或灰褐色调块状长石粗粒砂岩夹少量紫色粉砂岩,厚约1500 m。长石砂岩常形成峭壁、陡峭的峡谷和瀑布。与下伏含煤层呈假整合接触,或超覆于基底片麻岩之上。

侏罗系至白垩系时期,在Rukwa盆地也发育一套砖红色的粗碎屑岩夹砂质灰岩透镜层。这套红色岩系在Rukwa湖的西北部分布比较广泛,在西南仅有几处零星的红色砂岩露头,其与下伏Karoo岩层呈平行不整合接触或直接不整合于结晶基底之上。Eric M.Roberts认为这套红色砂岩上部含有一定量的火山凝灰岩,显然受到后期火山作用的影响,主要物源是早期的Karoo地层和周边火山,说明这套红色砂岩是Karoo陆内裂谷阶段的产物^[26-27]。

1.2.4 松圭-基韦拉(Songwe-Kiwira)盆地

Songwe-Kiwira盆地为地堑盆地,位于坦桑尼亚西南,尼阿萨湖西北面50 km处,盆地内Karoo岩层

表2 坦桑尼亚卡鲁盆地地层对比及含矿性简表

Table 2 Summary of Karoo Basin stratigraphic correlation and mineralization

时代	统	南非	Ruhuhu	Selous	Songwe-Kiwira	Rukwa	Tanga	含矿性				
侏罗纪	Hettangian	DRAK-ENS-BERG		Nandanga	不整合界面	不整合界面	不整合界面	可能含油气				
	Rhaetian			Mkuju								
	Norian			Luwegu								
	Carnian			Mahogo								
	Ladinian											
三叠纪	Anisian	BEAU-FORT	K8 K7 ? ? K6 K5 K4 K3 K2 K1 基底	Luhombaro			不整合界面	不整合界面	Kilulu			
				Rufiji						含铀层/可能含油气		
二叠纪												
	Lopingian								K6	不确定	Tanga beds	
	Guadalupian								K5			
	Kungurian					Hatambulo			沉积间断	K4		含煤层
	Artinskian			ECCA					K3	K3		
	Sakmarian				K2	K2	含煤层					
	Asselian											
石炭纪	Upper	DWYKA	基底	基底	K1	K1	基底					
					基底	基底						

沉积厚度大约 900 m, 宽约 5 km, 沿北北东向延伸。该 Karoo 超群可划分为西部南北延伸的 *Ivogo*、*Kabulo Ridges* 和东部 *Ilima Hill* 两个 Karoo 地块, 这两个地块的划分界限为后卡鲁 *Kiwira* 断层^[27]。

Songwe-Kiwira 盆地被白垩系河流相层状砂岩不整合接触覆盖, 自上而下可分为 *Idusi*、*Mchuhuma*、*Mbuyura*、*Ruhuhu* 和红色砂岩组。*Idusi* 组主要为一套冰川相玄武杂岩, 杂岩成分以乌本迪系岩石碎屑为主, 时代相当于 *Ruhuhu* 盆地中 K1 期; *Mchuhuma* 组是该盆地内主要的含煤层, 由蚀变页岩、泥岩和粉砂岩组成, 部分直接沉积于风化基底之上, 可能为辫状河沉积环境; *Mchuhuma* 组之上为 *Scarp* 砂岩组, 相当于 *Ruhuhu* 盆地 *Mbuyura* 组的一部分, 组内下部岩性由红色砂岩, 富粘土的红色岩层组成, 上部岩性由粉砂岩和中粒砂岩组成, 夹少量灰岩, 显示河流相沉积环境特点; *Mhukuru* 组在 Songwe-kiwira 盆地中缺失, 可能存在沉积间断或者侵蚀; *Ruhuhu* 组角度不整合沉积于 *Mbuyura* 组之上, 主要由粘土灰岩组成, 下部普遍出现长石砂岩, 显示河流相沉积特征; 红色砂岩组为本 Karoo 盆地最年轻的地层, 不整合上覆于 *Ruhuhu* 组之上, 以出现红色层状砂岩为特征, 时代难以确定^[28]。

1.2.5 坦噶 (Tanga) 盆地

Tanga 盆地位于坦桑尼亚北部, 延伸至肯尼亚境内, 是新发现的 Karoo 地堑盆地^[10-14], Karoo 超群特征与肯尼亚 Karoo 岩系的 *Duruma* 系列密切相关, 主要为河流三角洲-湖泊相沉积。McKinlay^[15] 将其划分为下中上三个部分: 下部与 *Taru Grits* 相当, 主要为一套粗砂岩组合; 中部为一套中细粒长石砂岩; 上部 (*Kflulu* 砂岩) 与 *Kingori* 砂岩组 (K7) 内 *Mazeras* 砂岩相当, 存在多个中粒-细粒-页岩旋回。由于缺少古生物学及放射性年代学证据, 该 Karoo 超群的地层准确时代难以确定, 依据岩性组合和古沉积环境, 暂时

归入三叠纪-二叠纪。至今为止, 盆地内未发现有经济价值的煤层, 推测存在沉积间断或者侵蚀作用。

基于上述认识, 坦桑尼亚卡鲁超群分布广泛, 出露厚且层序完整, 与南非典型 Karoo 超群在地层学和岩相学上具可比性 (表 2)。研究其所记载的关键性构造事件以及古气候和古生物信息, 对研究坦桑尼亚地质事件演化及区域含矿建造有重大地质意义。

2 坦桑尼亚卡鲁超群含矿性特点

卡鲁超群是坦桑尼亚非常重要的地层单元, 因蕴含丰富矿产资源, 近年来成为众多国内外矿企登记矿权区的首选。截至当前, 大约有 30 家中外矿企在该区登记了 168 处煤矿勘查区, 其中 65 处处于开采状态, 其中以 Ally Mbarak Mohamed、Tanzania China International Mineral Resources Limited、Mpomabiva Mining、Mbeya Coal Limited 等公司为代表的中外矿企均在坦桑尼亚有 6 处以上煤资源探矿区; 大约有 20 余家中外矿企在该区登记了 78 处铀矿勘查区, 其中 5 处为开采状态, 以 Western Metals Uranium Limited、Mantra Tanzania Limited、Pan African Resources Mambery Mining Investment Company Limited 等矿企为代表; 其他矿产资源如油气资源和石墨矿均在不同程度的开展勘查工作, 主要位于滨海省 Karoo 盆地砂岩-页岩周边, 但目前尚未发现大型矿床^[29]。

2.1 煤矿

煤矿是卡鲁盆地中最早发现且得到公认的矿产资源且储量巨大 (表 3)。坦桑尼亚目前已发现的经济煤层仅出现 *Ruhuhu* 盆地的 K2 (*Mchuhuma*) 组和 K4 (*Mkukuru*) 组或相当层位, K2 煤层常赋存于砂岩中, K4 煤层与泥岩互层产出, 与陆相碎屑沉积层序相关, 沉积环境主要为三角洲相和河流相, 少量为湖泊相。目前已经开采的大型煤田以 Namwele-Mkomolo 煤田、Songwe-Kiwira 煤田、Mhukuru 煤田为代表^[30-31]。

表 3 坦桑尼亚主要煤矿田的煤储量和平均质量数据

Table 3 Coal reserve and average quality data in the major Tanzanian coalfields

煤田	煤储量/百万吨		接近组分			发热量 /(kcal/kg)
	已证实	预测	灰质	挥发分	固定碳	
Ruhuhu	300	12	14.2	24.0	60.3	8 160
Songwe-Kiwira	20	596	20.4	22.3	55.5	7 537
Galula	53	NA	18.5	30.4	44.3	6 210
Namwele-Mkomolo	7.5	NA	41.4	22.3	32.9	5 102
Muze	10	50	28.8	32.6	31.2	5 600
Njuga	NA	23	20.2	32.9	46.9	5 722
Mhukuru	19	NA	32.5	28.9	35.9	5 200

注: 接近组分的单位为 wt%, NA 代表无数据, 据 P. Semkiwa, 1998

在 Namwele-Mkomolo 煤田,已证实煤储量为 7.5 百万吨,煤层累计厚度为 5~6 m,单层 0.05~1.8 m。煤层中往往夹有灰黑色泥岩(并有植物残留)、碳质页岩和含煤页岩,通过对该地区煤样成分的分析,镜质组质量分数为 24%~79%,惰质组 20%~69%,壳质组 1%~12%。该地区煤层灰度较高(22%~50%),硫质量分数最高可达 7.8%,一般为 1.58%~5.81%,对应的有机碳质量分数并不是很高(25.9%~40.24%),镜质体反射率(Ro%)分布在 0.46%~0.59%,属于高挥发性烟煤^[32-33]。在 Muze 煤田,已证实煤储量为 1 千万吨,预测还有 5 千万吨的资源量,该地区煤具有较高的惰质组质量分数(32%~89%),壳质组和镜质组质量分数基本相同,煤层中含较多的碎屑成分(14.6%~57%),硫质量分数也较高(0.7%~2.83%),镜质体反射率(Ro%) 0.48%~0.52%,为高挥发分烟煤^[34]。在 Ruhuhu 煤田,已证实煤储量为 3 亿吨,预测还存在 1 千 2 百万吨的资源量,层内发育 40 多层厚度不一煤层,单层最厚达 6.5 m,平均 0.5~2 m,煤组分为 50%~74% 有机碳,20%~30% 挥发组分和 9%~28% 灰质^[35],该地区煤镜质体质量分数约 40%,惰质组分 29% 和壳质组 11%,McKinlay 认为煤为高至中等挥发性沥青煤^[36]。在 Galula 煤田,已证实煤储量为 5 千 3 百万吨,煤层厚度超过 200 m,单层厚度 2.58~4.75 m,镜质体组分 6.0%~40%,惰质组分 50.0%~83%,壳质组 2.0%~17%,矿物质含量在 12.8%~54.4%,镜质体反射率值为 0.57%~0.66%,属于高挥发性 B 级沥青煤^[36]。而在 Songwe-Kiwira 煤田,已证实的储量为 2 千万吨,预测将有 5 亿 9 千 6 百万吨,目前该盆地煤产量为十万吨每年,煤层累积厚度为 6.8 m,单层厚度 0.3~1.5 m,灰质质量分数为 22.37%~49.30%,硫含量为 0.17%~9.20%,镜质体反射率为 0.60%~0.83%,显示其属于高挥发性 C 级沥青煤至高挥发性 A 级沥青煤^[35]。

对比国内主要的煤矿^[37-38],坦桑尼亚卡鲁地层成煤时期相对较早,煤储量可观,有较大的远景资源量,但煤层的品质普遍相对较差,生烃潜力相对有限,部分岩性接近碳质页岩。由于构造演化的复杂性,各 Karoo 盆地内有效烃源岩层系的分布差异较大,导致各地区勘探潜力的差异。受限于坦桑尼亚基础设施建设和经济发展水平,煤矿资源主要出口刚果等周边邻国,未能有效利用,进一步加强煤矿潜力分析研究、放宽煤矿投资政策将对坦桑尼亚过分

依赖原始能源(如木材、水力等)的现状具有一定的改善作用,值得进一步思考。

2.2 铀矿

铀矿资源是国防建设和核能发展的战略资源,因其短缺且具战略意义,受到全世界的广泛关注。目前公认的非洲产铀大国为尼日尔、纳米比亚和南非。坦桑尼亚铀矿资源丰富,相继发现的矿化点有望使坦桑尼亚跻身非洲铀矿生产大国。随着越来越多的国家进入坦桑尼亚开展铀矿勘探与开发,未来较长一段时间内,铀矿将成为继金刚石、黄金之后又一个新的经济增长点^[39-40]。

坦桑尼亚卡鲁盆地具备了形成砂岩型铀矿化所需的盖层、构造运动和水动力等基本条件,是公认的良好铀储集区^[41]。卡鲁盆地铀矿化形成于三叠系砂岩成岩和后期的胶结作用时期,铀矿化出现在粗粒砂岩内,砂岩渗透性良好。最初通过地球化学和航磁调查发现了 12 处铀异常(坦桑尼亚全国铀矿地质报告),目前全国开采的一共 5 处,集中分布于南部陆相沉积的塞卢斯盆地周边,以姆库居河(Mkuji River)铀矿床为代表。

姆库居河铀矿床(Mkuji River)是典型的砂岩型铀矿床。该矿目前为 Atom Red Met Zoloto(ARMZ)资源公司(俄罗斯公司)所有,位于鲁伍马(Ruvuma)地区那图姆博(Namtumbo)的姆库居河(Mkuji River)附近,面积约 100 km²。矿区区域地层为卡鲁系(Karoo)砂岩,其中上卡鲁系又分为姆库居(Mkuji)群和姆巴浪安杜(Mbarang'andu)群。姆巴浪安杜群含钙质成分,但姆库居群钙质较少,这两组地层均具有典型的河床沉积特征。坦桑尼亚地质调查局前期勘查工作发现了十几个铀和钍异常带^[41],其背景值为 75~120 cps。姆库居河项目后续投入了较大的工作量,其中气体反循环钻探 2 976 个钻孔,82 400 m 工作量;金刚石钻探 173 个钻孔,9 020 m 工作量,以及 400 多个探槽等,取得了突出找矿成果。已确定和推定铀矿储量达 36 000 t,推测铀储量达 10 000 吨,U₃O₈ 的平均品位是 0.035%,且储量还在进一步扩大。可行性研究显示铀矿开采成本低于 130 USD/kg U,铀矿年产量为 2 000 吨,矿山寿命为 10 年。2013 年 4 月 8 日,坦桑尼亚能源与矿产资源部颁发了第一个铀矿特别采矿许可证-姆库居河采矿证。据姆库居河铀矿生产中心资料,矿山额定生产能力 3 000 t/a,2017 年已经投产。目前后续的勘查工作已经相继展开^[42-45]。在坦

桑尼亚卡鲁盆地内,地质环境与其相似的有鲁乎乎盆地及马达瓦盆地,可作为下步找矿靶区。

马达巴铀矿点是另一个砂岩型铀矿化点,矿点位于赛鲁斯(Selous)国家公园北部,鲁卫古-姆巴浪安杜(Luwegu - Mbarang' andu)河盆地内马达帕(Madapa)山东南25 km处。区域地层为卡鲁岩系,区域地层与姆库居河铀矿化相似。Uranerzbergbau股份有限公司施工了11个钻孔,其中7个钻孔穿透铀矿化层。矿化层位于地下水位以下,矿化厚度为0.7~12 m,但品位较低;矿化最好的部位 U_3O_8 品位0.040%,厚度大于11.7 m,在79.5~81.1 m,品位最高达0.122%,U金属储量6 000 t左右。

坦桑尼亚卡鲁岩系中的铀矿主要产在古生代砂页岩中,沉积环境以河流相为主,产出以Mkuju河为代表,铀矿为地浸砂岩型铀矿,相比于国内砂岩型铀矿^[46-49],具有品位高,埋藏浅、易开采等特点。加强卡鲁盆地内铀矿成因机制研究,加强区域基础地质、构造解译等科学研究,对找铀矿实现突破意义重大。

2.3 其他矿产资源

油气:油气资源是非常重要的清洁高效能源矿产,是国家工业化发展的必备矿产资源,卡鲁超群是内陆最有可能找到油气资源的地层。在Songwe-Kiwira盆地,P. Semkiwa^[27]通过反演分析发现该地区岩石的II/III型干酪根的最高温度值从426℃~440℃,对应于早期生烃阶段,热变指数和镜质体反射率水平均与此吻合,理论上说明存在油气资源的可能;T.kreuser^[35]发现滨海卡鲁盆地(Tanga盆地/Selous盆地)中卡鲁岩系的干酪根最高温度部分已达油气临界温度,且发育可作为储油层的粉砂岩和页岩;Kreuser et al^[36],在Ruhuhu盆地中K3期和K7/K8期页岩和粉砂岩中,也发现了油气的痕迹。

卡鲁盆地具备了生油层、储层、盖层、运移和圈闭系统等基础成油地质条件。目前众多跨国矿企在坦桑尼亚Selous卡鲁盆地周边登记了很多油气探矿区,努力寻求突破。但受限于诸多困难,一直无法合理加大勘查开发的投入,均未发现有经济价值的油气田。

石墨:随着石墨制品的广泛应用,以及工业突飞猛进的发展,石墨制品已被国内外视为重要的工业矿物原料之一。从2016年开始,在坦桑尼亚掀起了找石墨热潮,短短三年多时间,已经登记了186处探矿区,其中58处正在开采,其中以Bagamoyo Resources

Limited、David Rugaimukamu Kakoti等跨国公司为代表拥有大量的探矿权区^[19]。

这些石墨矿权区大部分位于卡鲁盆地内,其成矿与卡鲁系砂岩有一定的关系。石墨矿普遍品位较高,储量较大,但因为单位价格低廉,开采成本较高,大部分矿山目前未达到经济可采标准。

3 结论

(1)坦桑尼亚卡鲁超群地层表现为一套砂岩-页岩组合,其沉积时限为晚石炭世至晚侏罗世,沉积环境自下而上分别为冰川相、湖泊相、河流相,代表了境内最早的显生宙沉积,与南非典型的卡鲁超群具有可比性。

(2)卡鲁盆地产出大型煤矿田和铀矿点,油气和石墨资源线索较明显,成矿地质条件优越,资源潜力巨大。

参考文献:

- [1] 龚鹏辉,刘晓阳,王杰,等.坦桑尼亚盖塔绿岩带型金矿矿床地质特征[J].地质找矿论丛,2015,30(S1):93-97.
- [2] 宋国明.坦桑尼亚矿业投资环境分析[J].中国黄金报,2009,04:1-3.
- [3] SUNDAY W. Petters. Regional Geology of Africa[M]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [4] THOMAS SCHLUTER. Geology of East Africa[M]. 1997.
- [5] ATHANAS S. MACHEYEKI. Fault kinematics and tectonic stress in the seismically active Manyara-Dodoma Rift segment in Central Tanzania—Implications for the East African Rift[J]. Journal of African Earth Sciences, 2008,51: 163-188.
- [6] 许志刚.东非裂谷系西支中南段Karoo地层分布特点与勘探前景[J].吉林地质,2014,33(1),14-19
- [7] O. CATUNEALLU, H. WOPFNER. The Karoo basins of south central Africa[J]. Journal of Africa Earth Sciences, 2005,43:211-253.
- [8] 张可宝,史卡庆,徐志强,等.东非地区沉积盆地油气潜力浅析[J].天然气地球科学,2007,18(6): 869-874.
- [9] WOLFGANG, KALKREUTH, MICHAEL HOLZ, MIRIAM CAZZULO-KLEPZIG. A comparative study of the geology, petrology and palynology of Permian coals in Tanzania and southern Brazil [J]. Journals of Africa Earth Sciences, 1999, 29(1): 91-104
- [10] D L COLE, P E WIPPLINGER. Sedimentology and molybdenum potential of the beaufort group in the main Karoo basin, south Africa[M]. 2001.
- [11] O CATUNEANU, H WOPFNER. The Karoo basins of south-central Africa[J]. Journal of African Earth Sciences, 2005,43:211-253.
- [12] JOHNSON M R, VAN VUUREN C J. Stratigraphy of the Karoo Supergroup in southern Africa: an overview[J]. Africa.

- Earth Sci, 1996, 23(1):3-15.
- [13] WOPFNER H, MARKWORT S, SEMKIWA P M. Early diagenetic laumontite in the Lower Triassic Manda Beds of the Ruhuhu Basin, southern Tanzania[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1991, 61:65-72.
- [14] FOSTER C B. Palynological report on eight samples from Karoo sediments from Tanzania[R]. Written communication, 1986.
- [15] WOPFNER H, KAAYA C Z. Syn-depositional Karoo rift-ing in the Ruhuhu and Selous Basin, Tanzania[J]. UNESCO, Geology for Economic Development, 1992, 9:159-168.
- [16] HANKEL O. Lithostratigraphic subdivision of the Karoo rocks of the Luwegu basin, Tanzania and their biostratigraphic classification based on microflora, macroflora, fossil woods and vertebrates[J]. Geo.Rundschau, 1987, 76(2):539-566.
- [17] WOPFNER H, KAAYA C Z. Stratigraphy and morphotectonics of Karoo deposits of the northern Selous Basin, Tanzania[J]. Geological Magazine, 1991, 128:319-334.
- [18] BANGERT B, STOLLHOFEN H. The geochronology and significance of ash-fall tuffs in the glaciogenic carboniferous-Permian Dwyka Group of Namibia and South Africa[J]. Afr. Earth Sci, 1999, 29:33-49.
- [19] SMITH R M, ERIKSSON P G. A review of the stratigraphy and sedimentary environments of the Karoo-aged basins of Southern Africa[J]. Journal of African Earth Sciences, 1993, 16:143-169.
- [20] WOPFNER H, DIEKMANN B. The Late Palaeozoic Idusi Formation of southwest Tanzania: a record of change from glacial to postglacial conditions[J]. Journal of African Earth Sciences, 1996, 22: 575-595.
- [21] WOPFNER H, KREUSER T. Evidence for Late Palaeozoic glaciation in southern Tanzania[J]. Palaeogeography, Palaeo-climatology, Palaeoecology, 1986, 56: 275-295.
- [22] HAUGHTON S H. Oondwanaland and the distribution of early reptiles[J]. Trans. Geol. Soc. S. Afr. 1953, 56:102-124.
- [23] 司彦涛, 李细根, 曹义甲, 等. 坦桑尼亚塞卢斯盆地西缘古-中生代沉积环境分析[J]. 矿产勘查, 2016, 7(6): 1028-1033.
- [24] VISSER J N J, HAIL K J. Boulder beds in the glaciogenic Permo-Carboniferous Dwyka Formation in South Africa[J]. Sedimentology, 1985, 32: 281-294.
- [25] H WOPFNER. Tectonic and climatic events controlling deposition in Tanzanian Karoo basins[J]. Journal of African Earth Sciences, 2001, 34: 167-177.
- [26] 中国石油考察组. 坦桑尼亚联合共和国石油地质考察报告[R]. 1997.
- [27] P SEMKIWA, W, KALKREUTH, J, UTTING, et al. The geology, petrology, palynology and geochemistry of Permian coal basins in Tanzania: 2. Songwe-Kiwira Coalfield[J]. International Journal of Coal Geology, 2003, 55: 157-186.
- [28] 李科, 曲红军, 窦伟, 等. 南部非洲卡鲁(Karoo)超群二叠系含煤地层特征及其煤质简述[J]. 四川地质学报, 2012, 32(9):238-247.
- [29] 坦桑尼亚矿业网站门户. <http://portal.madini.go.tz/map>.
- [30] MOORE L R. Summary report on the Ketewaka-Mchuchuma coalfield[J]. Rec. Geol. Surv. Tanganyika, 1960, 54-62.
- [31] MCKINLAY, A C M. The coalfields and coal occurrences of Tanzania[J]. Geol. Surv. Tanganyika Bull. 1965, 38:1-8.
- [32] P SEMKIWA, W KALKREUTH, J UTTING, et al. The geology, petrology, palynology and geochemistry of Permian coal basins in Tanzania: 1. Namwele-Mkomolo, Muze and Gahula coalfields[J]. International Journal of Coal Geology, 1998, 36:63-110.
- [33] Geology of Geophysical and Mineral Potential atlas of Tanzania [M]. Dodoma: Geological Survey of Tanzania, 1993:56-61.
- [34] STAVRAKIS. Sedimentology of Karoo coal-measures in the Eastern Transvaal[J]. South Africa. University of Strathclyde, 1989, 4:111-136.
- [35] FALCON R M S, SNYMAN C P. An introduction to coal petrography: Atlas of petrographic constituents in the bituminous coals of southern Africa[J]. Geological Society of South Africa, 1986, 2, 27.
- [36] CASSHYAP S M, KREUSER T, WOPFNER H. Analysis of cyclical sedimentation in the lower Permian Mchuchuma coalfield (SW Tanzania) [J]. Geo./Rundschau, 1987, 6, 76.
- [37] 胡国艺, 关辉, 蒋登文, 等. 山西沁水煤层气田煤层气成藏条件分析[J]. 中国地质, 2004, 31(2):213-217.
- [38] 邓晋福, 冯艳芳, 刘翠, 等. 太行-燕山地区燕山期造山过程-岩浆源区与成矿作用[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 623-633.
- [39] 高阳, 范洪海, 顾大钊, 等. 非洲铀资源现状分析[J]. 世界核地质科学, 2014, 31(4):561-565.
- [40] 王术青. 非洲和北美洲铀成矿概述[J]. 世界核地质科学, 2015, 32(2):63-67.
- [41] WOPFNER H. Palaeoclimate and deposit Uranium control of the Karoo sequence in southern Tanzania[J]. Carbon. Stratigr. and Geology, 1987, 8.
- [42] 白德胜, 司建涛, 李水平, 等. 坦桑尼亚铀矿化类型及分布特征[J]. 世界核地质科学, 2016, 33(3):125-132.
- [43] 张可宝, 史卜庆, 徐志强, 等. 东非地区沉积盆地油气潜力浅析[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(6):869-874.
- [44] 魏佳林, 汤超, 徐增连, 等. 大庆长垣南部四方台组砂岩型铀矿化特征研究[J]. 地质调查与研究, 2018, 41(01):9-17.
- [45] 刘晨璞. 松辽盆地滨北地区铀成矿条件分析[J]. 地质调查与研究, 2017, 40(01):48-54.
- [46] 金若时, 覃志安. 中国北方含煤盆地砂岩型铀矿找矿模式层序研究[J]. 地质调查与研究, 2013, 36(2):81-84.
- [47] 李文, 许虹, 王秋舒, 全球铀矿资源分布以及对我国勘查开发建议[J]. 中国矿业, 2016, 25(6):1-6.
- [48] 吴柏林. 世界砂岩型铀矿特产铀盆地模式及其演化[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2006, 36(6):940-947.
- [49] 刘晓雪, 汤超, 司马献章, 等. 鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿常量元素地球化学特征及地质意义[J]. 地质调查与研究, 2016, (03):169-176+183.

Review on geological characteristics and mineralization of the Karoo Supergroup, Tanzania

GONG Peng-hui^{1,2}, LIU Xiao-yang^{1,2}, SUN Kai^{1,2}, WU Xing-yuan^{1,2},

HE Sheng-fei^{1,2}, XU Kang-kang^{1,2}, HE Fu-qing^{1,2}

(1. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

2. North China Center for Geoscience Innovation, Tianjin 300170, China)

Abstract: The Karoo Supergroup in Tanzania represent the earliest Phanerozoic deposition. The stratum is generally continuous, mainly formed in a series of half graben-graben basins that caused by rifting. Based on the comprehensive study of the regional geological distribution, lithologic composition, sedimentary environment analysis and the pollen biological characteristics, the sedimentary sequence, sedimentary facies and the age of sedimentation of each group, section of the Karoo supergroup are systematically studied. The ore-bearing characteristics of this stratum is summarized. According to the study, the lithology of the Karoo Supergroup in Tanzania is generally represented by a suite of sandstone-shale. The deposition time span is from the Late Permian to the Early Cretaceous, and the sedimentary environment from bottom upward is the glacial facies, lake facies and river facies. It is comparable to the typical Karoo Supergroup in South Africa. It also shows good mineralization potential of coal mines and sandstone-type uranium deposits; meanwhile, there are many oil and gas resources, graphite prospecting clues.

Key words: Karoo Supergroup; sedimentary environment; mineralization; Tanzania

Geochemical characteristics, source area properties and tectonic significance of Ore bearing metasedimentary rocks from Tebai gold deposit in Alxa right banner area

CHENG Xian-yu^{1,2}, TIAN Jian^{1,2}, LI Yi-ke³, DONG Man-hua⁴, CAO Kan⁴, ZHANG Tian-fu^{1,2}

(1. China Geological Survey Tianjin Geological Survey Center, Tianjin 300170, China; 2. North China Center of Geoscience Innovation, Tianjin 300170, China; 3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

4. Inner Mongolia Geology Limited Company, Hohhot 010010, China)

Abstract: In this paper, geochemical analysis of the ore bearing metasedimentary rocks of the Tebai gold deposit in Alxa Right Banner is carried out, The main lithology is mica quartz schist, metamorphic siltstone, metamorphic lithic quartz sandstone, etc; The average content of SiO₂ is 62.39%, the average content of Al₂O₃ is 15.40%, the average content of Fe₂O₃ is 6.57%, the average content of MgO is 3.84%, the average content of CaO is 2.31%, the average content of K₂O is 2.65%, the average content of Na₂O is 2.09%. The REE patterns of curves are consistent, LREE/HREE=5.75~8.34, the average value is 7.18, (La/Yb)_N=5.39~8.38, the average value is 6.83, Eu negative anomaly is obvious, LREE are obviously enriched relative to HREE; Rb-K₂O diagram, Ni-TiO₂ diagram and La/Yb-ΣREE diagram show that the parent rocks may originate from granites; Combined with paleocurrent characteristics and detrital zircon age evidence, it is speculated that the provenance may come from granite in Beidashan area. Combined with the rock assemblage characteristics, tectonic combined characteristics and Geochemical characteristics of Ore bearing metasedimentary rocks in Tebai, it is considered that the source rocks were formed in a tectonic environment of continental island-arc.

Key words: Alxa block; Tebai gold deposit; ore-hosting strata; Metasedimentary rock; geochemistry; continental island-arc