

地质与矿产

初论纳米比亚罗什皮纳地区斑岩型铜矿地质特征

——以罗雷铜矿为例

黄映聪,刘静,付怀林,陈敦理,魏鑫

(江苏省有色金属华东地质勘查局,江苏南京 210007)

摘要:纳米比亚罗什皮纳地区成矿地质条件优越,已发现罗雷铜矿、斯克皮铅锌矿、罗什皮纳铅铜矿及海伯超大型铜矿床以及多处 Cu、Pb、Zn、Au 及 Bi 等多处矿(化)点,可望形成铜、铅、锌、钼等多金属矿床集中区,找矿潜力巨大。该文在分析该区地质背景的基础上,总结了罗雷铜矿的地质特征,对其成因进行了探讨,并对罗雷铜矿和海伯铜矿之间的大部地区铜矿找矿潜力进行了展望,指出激发极化法是该区隐伏铜矿床勘查的有效物探手段。

关键词:斑岩型铜矿;罗雷铜矿;地质特征;纳米比亚

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

0 引言

纳米比亚地处西南非洲,矿产资源丰富,素有“战略金属储备库”之称。现已发现矿产 30 多种,主要有金刚石、铀、铜、金、银、铅、锌、铁等。其中铜储量约 120 万 t、铅储量约 100 万 t、锌储量约 1 200 万 t,金探明资源量约 160 t,世界银行的专家把纳米比亚评为非洲最具有矿产资源潜力的国家,认为在纳米比亚可以找到世界级的大矿^[1]。

西南非洲纳米比亚南部的罗什皮纳地区所在的加列普造山带属于泛非期 Kuunga 造山带的重要组成部分,该带是西南非洲重要的铜、铅、锌矿成矿带。目前已发现以罗雷(Lorlei)铜钼矿、斯克皮(Scorpi-on)铅锌矿、罗什皮纳(Rosh-pina)铅铜矿及海伯(Haib)超大型铜矿床以及多处 Cu、Pb、Zn、Au 及 Bi 等多处矿点^[2]。尤其是随着该区罗雷铜矿、海伯铜矿的勘查取得的不断突破,该区可望形成大型-超大型斑岩型铜矿集中区,仅海伯铜矿资源量高达 500 万 t 以上,加之该区地处纳米比亚与南非共和国边界地区,交通、地理等外部条件较好。随着世界经济的持续发展,使得该区正在成为新的资源基地。该区铜矿床的成功勘查和突破,有可能会影响和改变

纳米比亚的资源结构和格局,并缓解制约全球和非洲经济、社会持续发展对矿产的急需和短缺的状况,满足 21 世纪世界经济发展对矿物原材料的不断增长的需要。

该文拟在分析罗雷铜矿地质特征的基础上,探讨纳米比亚南部罗什皮纳地区斑岩型铜矿的成因,希望对该区铜矿的勘查有所裨益。

1 区域地质背景

纳米比亚属于冈瓦纳(Gondwana)超大陆的一部分,大地构造单元包括刚果克拉通与卡拉哈日克拉通及卡奥科、达马拉及加列普造山带。其南部的加列普造山带(Gariep)是泛非期-Kuunga 造山带-达马拉成矿带在纳米比亚的南延部分。加列普带由加列普地体、北达马奎(Damaqua)地体、南达马奎地体和雷霍博特-辛克莱(Rehoboth-Sinclair)地体构成,构造线方向主要为 NW 向,罗什皮纳地区主要位于加列普地体与南达马奎地体过渡带。

罗什皮纳地区地层主要由古元古界至第四系组成。其中,古元古代 Mokolian 纪 Orange River 群(奥兰治河群)为一套中基性火山岩、火山碎屑岩和碎屑沉积岩,大部遭受了较强变质,构成变质基底;

* 收稿日期:2013-04-03;修订日期:2013-05-02;编辑:陶卫卫

项目资助:获国家自然科学基金青年基金项目(41202160)资助

作者简介:黄映聪(1979—),男,四川宜宾人,工程师,主要从事矿产地质勘查与岩石大地构造研究;E-mail:5828516@qq.com。

新元古代 Nama 群为一套地台盖层型沉积,主要由一套浅海相的碎屑岩、碳酸盐岩沉积组成;第四系主要由冲积层、松散沉积物组成。受泛非造山作用影响,工作区发育一系列 NW 向和 NE 向的逆冲断层和褶皱构造。该区出露的岩浆岩主要由 Vioolsdrift (威尔斯)岩套、Orange River(奥兰治)群火山岩、NAMAQUA(纳马科瓦)侵入单元及侏罗纪基性喷出岩组成(图 1)^[3]。

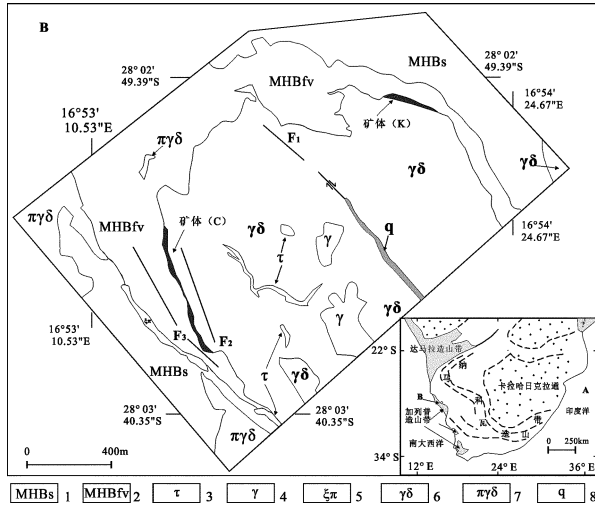


图 1 罗雷矿区地质简图(B)及矿区大地构造简图(A)
 1—古元古代 Tsamas 组绿片岩段;2—古元古代 Tsamas 组绢云母石英片岩段;3—中元古代纳马科单元细晶岩;4—中元古代纳马科单元浅色花岗岩;5—古元古代威尔斯单元英安斑岩;6—古元古代威尔斯单元花岗闪长岩;7—古元古代威尔斯单元似斑状花岗闪长岩;8—石英脉

2 矿床地质特征

区内铜矿(化)点分布较广,已发现的铜矿床有罗雷铜矿和海伯铜矿^[1]。罗雷铜矿自 20 世纪发现以来,先后有英、美、南非等多家矿业公司在该区开展过地质和物化探的找矿工作(普查报告内部资料),但矿业公司对于该区直接探矿的兴趣远远高于开展该区矿床地质特征及矿床成因的基础性研究,除了 VILJOEN^[4]于 1986 对罗雷铜矿的矿化特征进行了简单总结,关于罗雷铜矿成因的公开性研究报道甚少。通过 2011 年获得普查工作成果,该文从矿区地层、构造、岩浆岩及蚀变等方面探讨矿床地质特征。

2.1 地层

罗雷矿区出露的地层主要为古元古代 Moko-

lian 纪奥兰治河群 OG - Haib 亚群 Tsams 组,其 Rb - Sr 年龄显示其形成年代介于 1 970~2 020 Ma 之间。出露的地层由老到新依次为 Tsams 组下段、Tsams 组中段和 Tsams 组上段,其中 Tsams 组下段未在矿区出露。Tsams 组中段和上段主要分布在矿区东部、西部和矿区北部,在矿区内形成一个倾伏背斜,与周围岩体呈侵入接触关系。Tsams 组中段(MHBfv)岩性主要为绢云母石英片岩,分布于花岗闪长岩体接触带附近,厚约 161 m,其原岩可能为流纹岩、斑状流纹岩。岩石呈灰白色,鳞片变晶结构,片状构造,成分主要为石英、黑云母、正长石、斜长岩、微斜长石、绿帘石以及极少量楣石等,岩石普遍发生绢云母化、绿帘石化,受构造影响,矿区西部绢云母石英片岩倾角较陡,一般在 60°~80°之间;矿区东部倾向为 NNE,倾角一般在 40°~50°。Tsams 组上段(MHBs)岩性主要为绿片岩,分布于矿区西部,与似斑状花岗闪长岩及英安斑岩侵入接触,东部边缘与绢云母石英片岩呈整合接触,厚度大于 39.2 m。原岩为中酸性火山岩,呈灰绿色,细粒结构,片状构造,主要成分为绿泥石、绢云母、石英、正长石等,及少量不透明矿物和铁的氧化物,发生绿泥石化、绢云母化,片理化较强,岩层在矿区西部的倾向为 SWW,倾角一般介于 75°~85°,矿区东部岩层倾向为 NNE,倾角一般介于 40°~50°。

2.2 构造

罗雷矿区位于一 NW 向倾伏背斜的核部,背斜两翼由古元古代 MOKOLIAN 纪早期地层绢云母石英片岩、绿片岩组成,背斜核部剥蚀后出露有花岗闪长岩、花岗岩体和浅色花岗岩体,背斜轴向与 F₁ 断层一致。矿区内断裂构造分为两期,早期为一 NNW 向断裂(主要为 F₁, F₂, F₃ 断层)被晚期的近东西向断层切割。F₁, F₂, F₃ 与该矿区矿化有着密切的联系, F₁ 断层控制着矿区内矿体的总体分布, F₁ 断层西侧的矿体走向 NNW, F₁ 断层东侧的矿体走向 NWW; F₂ 和 F₃ 控制着矿区西部矿体的分布,应为导矿构造。矿区断裂几乎都由石英脉充填,往往形成宽大的石英脉。

2.3 岩浆岩

罗雷矿区主要包括 Vioolsdrift 岩套和中元古代末期 NAMAQUA 侵入单元。矿区出露的 Vioolsdrift 岩套主要由花岗闪长岩、似斑状花岗闪

长岩、花岗岩及英安斑岩组成,呈岩基状、岩枝状和脉状产出,形成时代在 1 850~1 960 Ma 之间;NAMAQUA 侵入单元主要由石英斑岩、细晶岩和浅色花岗岩组成,呈脉状、岩枝状产出,形成时代在 1 000~1 600 Ma 左右^[3]。

2.4 蚀变与矿化特征

Violsdrift 岩套的花岗闪长岩为矿区主要含矿母岩,主要蚀变类型有绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、硅化、碳酸岩化等。矿化明显受岩体和断裂的控制,地表矿化主要有孔雀石化、黄铜矿化、黄铁矿化、辉钼矿化,矿化主要见于花岗闪长岩中,岩体与外围地层中沿裂隙充填的石英脉偶尔也见孔雀石化。

2.5 岩(矿)石激发极化特征

矿区主要岩(矿)石类型共计 11 种,代表性样本的极化率、电阻率参数测定结果(表 1)显示,矿区岩(矿)石属中高阻体,大多分布在 1 000~4 000 Ωm 之间,其中黄铜矿石电阻率最高,绿片岩、蚀变花岗闪长岩等围岩电阻率较低,小于 1 000 Ωm;绿片岩、似斑状花岗闪长岩的极化率均较低,而矿化岩石极化率较高。矿区不同类型岩(矿)石间电阻率差异不如极化率差异明显,黄铜矿石(黄铜矿化花岗闪长岩)具有明显的激发极化效应,因此与其他硫化物型隐伏金属矿一致^[5],高阻高极化特征是该区探寻隐伏硫化物(矿)富集地段的重要找矿标志。

表 1 罗雷铜矿主要岩(矿)石电性特征

序号	岩性	标本块数	变化范围		平均值	
			$\eta(\%)$	$\rho(\Omega \cdot m)$	$\eta(\%)$	$\rho(\Omega \cdot m)$
1	绿片岩	12	0.27~0.93	166~1624	0.61	465
2	石英片岩	36	0.42~2.41	313~38098	1.37	3335
3	角闪石岩	14	0.87~2.29	577~8333	1.44	2429
4	石英	8	0.74~1.47	824~20769	1.13	6299
5	细晶岩	31	0.20~2.15	358~10593	1.17	2920
6	似斑状花岗闪长岩	7	0.29~1.23	156~1644	0.63	549
7	浅色花岗岩	9	0.3~1.92	927~3271	1.45	1639
8	花岗闪长岩	43	0.19~6.81	384~8186	1.63	2281
9	孔雀石	19	0.24~2.12	631~9766	0.88	3350
10	孔雀石(矿化)	13	0.50~2.11	424~9196	1.35	3550
11	黄铜矿石	8	1.99~4.75	1247~25781	2.59	6640

对该区实施的激电中梯剖面工作结果显示(图 2),矿区存在 J1, J2 两个激电异常带(极化率异常下限为 2.8%)。其中 J1 的北段呈 NNE 走向, J1 南段呈近 SN 向, J2 异常带为 NWW 走向,呈串珠状不连续分布。J1, J2 两个异常带的空间位置正好为前寒武纪中酸性花岗闪长岩体与古元古代奥兰治河群

Haib 亚群 Tsams 组石英片岩与绿泥石片岩接触带的空间位置重叠,并且 J1 与 J2 异常带地表孔雀石化强烈,说明接触带范围深部铜钼的硫化物可能是引起异常的原因。

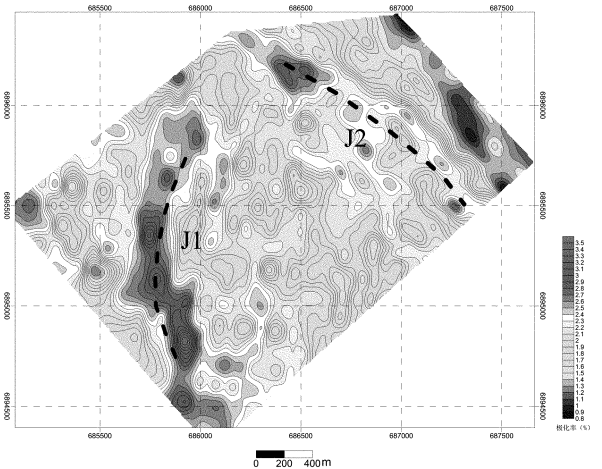


图 2 罗雷矿区极化率分布图

2.6 矿体特征

矿体均分布于花岗闪长岩体与倾伏背斜两翼绢云母石英片岩接触带的内带,根据其空间分布特征,矿区可分为 2 个矿段,即 C 矿段(西矿段)和 K 矿段(东矿段)。2 个矿段具有如下 2 个基本特征:一是矿化体在走向及延伸方向存在不均匀性与分枝复合现象;二是近地表(2~3 m)铜矿化以孔雀石氧化矿的形式出现,深部均为原生矿物,矿化主要为斑铜矿、黄铜矿、铜蓝、辉铜矿及辉钼矿化。

2.7 矿石质量

该区矿石类型有 2 种,一种为氧化矿石,矿石矿物以孔雀石、蓝铜矿为主,含有少量的黄铁矿、针铁矿、褐铁矿,局部含有辉钼矿,呈薄膜状、微细脉状产于花岗闪长岩及少量石英脉的裂隙内,主要分布于近地表 2~3 m 内;另一种为原生矿石,矿石矿物主要为黄铁矿、铜蓝、斑铜矿、黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿及少量的磁铁矿,呈微细粒状、浸染状、团块状、细脉浸染状产于花岗闪长岩内。

原生矿矿石以包含结构、交代结构、中-细粒结构、他形粒状结构、自形粒状结构为主,矿石构造主要有块状构造、(细)脉状构造、浸染状构造。氧化矿矿石以交代残余结构为主,矿石构造为网脉状构造、皮膜状构造、皮壳状构造。

3 讨论与结论

3.1 讨论

“斑岩铜矿”原意是指产于强烈绢云母和石英化中酸性斑岩里的细脉浸染型铜矿,由于该类矿床的矿化并非都产于斑岩体内,目前多数学者考虑其矿床名字的连贯性、完整性,将全部或部分矿体产于中酸性(斑)岩体(部分矿体产于围岩中)的铜矿床称之为斑岩型铜矿^[6-7]。斑岩铜矿的成因大致有以下几种:一是以伯纳姆等为代表的岩浆热液说(正岩浆模式)^[8-13],这种观点认为斑岩铜矿的矿质、成矿热液及其相伴生的中酸性岩体都是来自上地幔(或下地壳)。矿质和成矿热液是由中酸性岩浆在上侵过程及侵位后的结晶过程中,由于温度、压力等物理化学条件的改变而析出,并在有利的部位富集成矿。二是以西利托为代表的“板块构造成矿说”(洋壳重熔成矿)^[14],他们认为斑岩铜矿是含铜的大洋壳沿消亡带俯冲到地幔中发生局部熔融,在熔化过程中析出金属,并同钙碱性岩浆一起上升,然后在岩体的顶部富含氯化物的液相中富集成矿。三是以怀特为代表的“活动转移说”^[15](国内学者提出的“三源”成矿说)^[16],该学说认为高侵位的中酸性斑岩体含水量甚小,在温度下降、岩浆结晶过程中不会析出流体,矿质与成矿热液主要来自围岩,岩浆岩主要起热动力源的作用。即由于岩浆的活动,使原赋存于地层中的地下水或层间裂隙水活化(怀特认为是卤水),并携取围岩中的有用组分成为含矿热液,在岩浆热动力源的带动下,沿着一定的构造系统循环,并在有利部位富集成矿。四是以亨特为代表的“变质岩浆成矿说”,该学说认为金属富集成矿是含金属的沉积物转变为花岗岩的伴生现象^[17-18]。

罗雷铜矿矿体主要赋存在花岗闪长岩(花岗岩、似斑状花岗闪长岩)与绢云母石英片岩的内接触带中,赋矿围岩 Violsdrift 岩套的片麻状花岗闪长岩形成于 1 850~1 960 Ma。随着同位素地质年代学测试技术的不断发展,以往关于较老变质地体形成时代的认识也随之更新^[19],南达马奎地体在泛非造山期中卷入了加列普造山带中,目前对于加列普造山带的形成演化过程、以及对该区岩浆作用历史的认识缺乏系统深入的研究,特别是对于罗什皮纳地区 Violsdrift 岩套研究程度较低,限制了关于对罗雷铜矿成因的认识。罗雷铜矿和海伯铜矿均产于岩体内部,而且附近发育火山岩建造,与国内外斑岩型铜矿最主要的差异在于矿体虽产于岩体中,但矿体

受断裂破碎带和岩体的控制,成矿时代较老(早前寒武纪)。因此,根据现有资料很难做出将罗雷铜矿的成因归结于哪种成矿学说之判断,加大对该区岩石学、同位素地质年代学及岩石地球化学的研究有望加深罗什皮纳地区成矿地质背景的认识,从而扩大加列普造山带铜矿及其他矿产的找矿远景。但从罗雷铜矿岩体与围岩接触带广泛发育的绢云母蚀变带及团块状局部高品位矿的特征可以看出,罗雷铜矿具有斑岩型的特点,可能遭受过后期的热液改造,从而造成铜矿的局部富集。前人认为罗雷铜矿具有斑岩型铜矿的特征,但矿(化)体均发育于花岗闪长岩内部,矿区北部虽出露有石英斑岩,但尚未发现其与铜矿化有成因联系。无独有偶,距离罗雷铜矿 400 km 的海伯斑岩型铜矿周边也出露石英长石斑岩,其本身也无明显矿化,但其总是出露在矿化不远的地段。有资料显示海伯铜矿遭受过至少两期热液改造^[20],因此区域上 Violsdrift 岩套在就位后可能遭受过广泛的热液改造事件,这一事件有可能使得成矿元素发生了迁移和富集过程,这一事件是否与石英长石斑岩的就位有成因联系,还需要进一步对其进行研究才能做出判断。

3.2 结论

(1)罗雷铜矿主要金属矿物为黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、辉铜矿、辉钼矿等,不仅具有细脉浸染状特征,同时也有呈团块状和细粒浸染状的特征。

(2)罗雷铜矿床矿化产于紧靠侵入体的内接触带中。

(3)罗雷铜矿近矿围岩蚀变为硅化、绢云母化、绿泥石化和钾长石化;矿化位于花岗闪长岩、似斑状花岗闪长岩中,具有斑岩型铜矿的特点。

(4)罗雷铜矿(化)体具中高阻高极化率特征,激发极化法是该区铜矿勘查有效物探手段。

(5)罗什皮纳地区铜矿(化)点较多,成矿地质条件有利,特别是罗雷铜矿-海伯铜矿之间的大部分地区,铜矿勘查潜力巨大,是有望有所获得铜矿勘探突破的地区。

参考文献:

- [1] 李明,李强,雷福坤,赵明武.世界重要国家矿产资源勘查投资指南(纳米比亚篇)[M].江苏省有色金属华东地质勘查局,2012.
- [2] Brian G. Hoal[J]. The Mineral Resources of Namibia, 1992.

- [3] Miller R M G. The geology of Namibia[J]. Vol I—III, Windhoek, 2008.
- [4] Viljoen R P, Minnitt R C A, Viljoen M J. Porphyry copper molybdenum mineralization at the Lorelei, South West Africa/Namibia[J]. Mineral Deposits of Southern Africa, Geol. Soc. South Africa, 1986: 1559—1565.
- [5] 吕其伟, 陈磊. 大功率激电在邹平铜矿隐伏区的应用[J]. 山东国土资源, 2007, 23(9): 5—7.
- [6] 陈文明. 论斑岩铜矿的成因[J]. 现代地质, 2002, 16(1): 1—8.
- [7] 韩玉珍, 王世进, 曹秀华. 山东省邹平地区铜矿成矿地质条件及典型矿床研究[J]. 山东国土资源, 2008, 24(3): 20—25.
- [8] Burnham C W. Hydrothermal fluids at the magatic stage[A]. Barnes H L. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits [C]. New York: Holt, Rinhart and Winston, 1967.
- [9] Nielsen R L. Hypogene texture and mineral zoning in a copper—bearing granodiorite porphyry stock, Santa Rita, New Mexico[J]. Economic Geology, 1968, 63(1): 37—50.
- [10] Lowell J D, Guilbert J M. Lateral and vertical alteration—mineralization zoning in porphyry ore deposits[J]. Economic Geology, 1970, 65(4): 373—408.
- [11] 朱训. 德兴斑岩铜矿[M]. 北京:地质出版社, 1983.
- [12] 芮亲瑶, 黄崇柯, 齐国明. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京:地质出版社, 1984.
- [13] 杜琦, 陈明秀. 多宝山斑岩铜矿床成因模式[J]. 矿床地质, 1983, 2(2): 42—48.
- [14] Sillitoe R H. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits[J]. Economic Geology, 1972, 67(2): 184—197.
- [15] White D E. Environments of generation of some base—metal ore deposits[J]. Economic Geology, 1968, 63(4): 301—335.
- [16] 季克俭, 吴学汉, 张国柄. 热液矿床的矿源:水源和热源及矿床分布规律[M]. 北京:北京科学技术出版社, 1991.
- [17] 陈文明. 斑岩铜矿与杂色砂页岩型层状铜矿内在联系的初步探讨[J]. 地质论评, 1980, 28(6): 526—528.
- [18] 陈文明. 玉龙斑岩铜矿与砂页岩层状铜矿成矿作用的内在联系[J]. 地质论评, 1984, 30(3): 239—252.
- [19] 吴福元. 佳木斯地块片麻状花岗岩的锆石离子探针 U—Pb 年龄[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 443—452.
- [20] Barr J M, Reid D L. Hydrothermal alteration at the Haib porphyry copper deposit, Namibia: Stable isotope and fluid inclusion patterns[J]. Communications of the Geological Survey of Namibia, 1993, (8): 23—34.

Geological Characteristic of Porphyry Type Copper Deposit in Rosh Pinah in Namibia

——Setting Lorlei Copper Deposit as an Example

HUANG Yingcong, LIU Jing, FU Huailin, CHEN Dunli, WEI Xin

(East China Geological Exploration Bureau of Non—Ferrous Metals in Jiangsu Province, Jiangsu Nanjing 210007, China)

Abstract: There is a huge potential non—ferrous ore concentration area in Rosh—pinah area of Namibia. Lorlei copper deposit, Scorpion zinc deposit, Rosh—Pinah lead—copper deposit and Haib supper copper deposit, as well as numerous mineralized spot of Cu, Pb, Zn, Au and Bi have been found. It is possible to discove those deposits, such as copper, lead, zinc and molybdenum in Rosh pinah area because of the great advantage of geological metallogenic conditions. Based on analyzing geological background, by summarizing the geological characteristics of Lorlei copper mine, and discussing the potentiality of those areas between Lorlei copper deposit and Haib copper deposit for prospecting, it is regarded that induced polarization method is an effective way of geophysical prospecting for exploring this kind of blind copper deposit.

Key words: Porphyry type copper deposit; Lorlei copper deposit; geological characteristics; Namibia