

马达加斯加矿产分布及找矿方向

王洪波 李宝科 江志海

(辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 辽宁 鞍山 114010)

摘要:通过对马达加斯加地层、构造、岩浆岩及主要矿产分布的概述,在收集、整理、借鉴国内多家地勘单位在其工作经验基础上,结合该国各矿种的成矿条件、赋存状态等因素,探讨该国未来的找矿方向,旨在为国内各地勘单位提供宝贵的地质信息。

关键词:马达加斯加;矿产分布;找矿方向

中图分类号:TD 15 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-8550(2013)01-0007-03

0 引言

马达加斯加(马岛)为非洲的一个岛国。位于非洲大陆的东南部,隔莫桑比克海峡与非洲大陆隔海相望,二者相距约400 km。国土面积约62.7万km²,人口1 860万,是世界第四大岛。独特而有利的成矿条件,使马岛拥有丰富的矿产资源,素有“矿石博物馆”之美称。

1 区域地质

马岛是由冈瓦纳古陆裂解分离而来,为非洲克拉通的组成部分,其地质演化与东非大陆极为相似。总体上由大面积分布的前寒武纪变形、变质岩系构成,在东、西两岸平原和盆地中出露中、新生带沉积地层。东海岸狭窄的平原区发育了中、新生带沉积,其与前寒武系变质岩系为断层接触,断裂走向为北北东向;西海岸为一系列北北东向展布的断陷盆地,其东缘由北东向和北北东向两组断裂构成盆地边缘,盆地边缘发育与前寒武纪变质岩系呈断层接触的晚古生代地层,盆地向西延入海域,发育了中、新生带沉积地层,地层和断裂均为西倾。

1.1 地层

——基底。前寒武系基底杂岩出露于马岛东部,占马达加斯加岛2/3的面积,是多山地形分布区。基底结晶岩带分为Androyen、Graphite和Vohibory系统。Androyen系统出露于马岛的南部,为深变质岩的杂岩基底;Graphite系统的花岗岩地块于泛非造山运动期间侵入到Androyen系统的岩石中。基底杂岩被后期的岩浆岩侵入活动切割,并于上覆的沉积岩呈断层接触^[1]。

——构造。马岛基底构造极为复杂,并经历了多期变形、变质作用。地质构造演化大致经历了太古宙克拉通化、

元古宙—早古生代克拉通内活化造山及晚古生代之后的构造裂陷三大阶段。太古宙时,马岛占据冈瓦纳超大陆中心位置,古生代晚期至中生代中期裂开,马岛是在索马里、肯尼亚和坦桑尼亚毗邻的位置上。构造多表现为北北东向断裂和褶皱及北北东—近南北向的构造岩带,在北北东向构造带内发育北西—北北西向及少量北东和东西向构造^[1]。

——岩浆活动。马岛经历了多期岩浆活动,目前已辨认出7个大的岩浆活动时期,时间从90~1 890 Ma。岩石类型有辉长岩、正长岩、辉石岩、伟晶岩、花岗岩、花岗闪长岩、紫苏花岗岩等。其中较早期的岩浆活动对成矿具有重要贡献^[1]。

2 矿产分布

马达加斯加的矿产资源可用品种多、含量丰、分布广来形容。资料显示马岛有40多种可利用的矿产。其中有黑色金属、有色金属、贵金属、稀有金属、放射性矿产、非金属矿产、能源类矿产及宝石类矿产。

根据收集的马岛地质、矿产等资料,结合国内多家地勘单位的工作经验,初步认为该国矿产分布具有明显的区域性、专属性的特征(图1)。其中铬、镍矿分布在马岛的中东部、中北部;铜矿集中分布在马岛的东北部、中部和西南部;铁矿分布在马岛的中西部、中北部;宝石和沙金在马岛的变质岩系中均有。

2.1 镍钴矿

镍钴矿分布在马岛的中东部、中北部。成因为铁镁质岩石受区域变质作用、中低温热液交代作用形成含镍蛇纹岩,又经风化作用、水解作用,使含镍矿物发生化学淋滤再沉淀富集形成。

Ambatovy镍钴矿:该矿位于马达加斯加首都Antananalivo以东120 km,行政区隶属Tomasina省Moramanga地区。矿床发育于基性—超基性岩体之上的红土—红土型镍矿。矿床储量约1.25亿t,与新喀里多尼亚的SNI及印尼的索罗斯科并称为世界3大镍矿山,其中Ni

收稿日期:2012-09-29

作者简介:王洪波(1969—),男(汉族),辽宁锦州人,辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院地质高级工程师,科长。

1.04%、Co 0.099%。镍钴矿体出露地表，开采方便、成本很低。

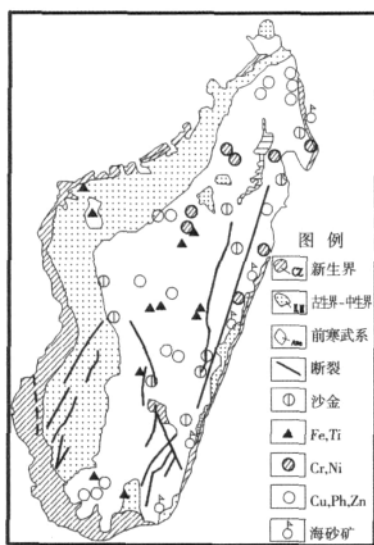


图1 马达加斯加矿产地质略图

Ambatondrazaka 镍矿：位于 Ambatondrazaka 北东约 19 km。中心坐标东经 $48^{\circ}35'55.3''$ ；南纬 $17^{\circ}47'59.8''$ 。矿体产在辉石橄榄岩中，呈透镜状，长约 220 m，最宽约 100 m，向两端逐渐尖灭。矿体走向 $120^{\circ}\sim 300^{\circ}$ ，倾向北东 30° ，倾角 45° 。矿体上盘为辉长岩，下盘为辉石橄榄岩，由两条探槽和 17 个浅井控制，地表连续刻槽采样，分析结果镍最高品位 4.85%。一般 1%~2%。

2.2 铁矿

铁矿分布在马岛的中西部、中北部。按成因类型分为沉积变质型铁矿、岩浆结晶分异型铁矿、融离型铁矿。

2.2.1 Soalala 铁矿床

该铁矿床位于该国西北部。隶属 Mahajanga 省 Soalala 镇管辖。矿区中心点坐标为南纬 $16^{\circ}20'$ ，东经 $45^{\circ}20'$ 。为已知的矿床之一。矿床由 3 个矿带组成，即 Kizombivavi、Kizombilahy、Malainolo。

Kizombivavi 铁矿带：矿带长约 8 km，由南至北将其分为 5 个矿段，其中 C 矿段为该铁矿带规模最大，走向近南北，倾角近于直立。矿层延长 1 600 m，控制垂深 200 m，地表出露宽达 130~150 m，平均厚 110 m。矿石平均品位 TFe 42.1%、FeO 1.35%、P 0.079%、S 0.008%。

Kizombilahy 铁矿带：在 Kizombivavi 铁矿带东北 3 km 处。矿带走向近南北，含矿层走向长 2 700 m，近于直立。控制了两层较厚矿体及数层薄矿层，厚矿层单厚 35~50 m，间距 30~80 m。总走向长 2 700 m，累计厚 80~100 m。矿体的平均厚 80~100 m。矿带平均品位 TFe 41.3%、FeO 1.29%、P 0.044%、S 0.008%。

Malainolo 铁矿带：位于 Kizombivavi 铁矿带西南约 10 km。分三北矿段、中矿段、南矿段，北矿段长 1 000 m，厚 80 m；中矿段长 2 300 m，厚 25 m；南矿段长 1 700 m，厚 80 m。矿石平均品位 TFe 46.6%、FeO 14.92%、P

0.065%、S 0.06%。

整个铁矿床铁矿石 (333) + (334) 类资源量合计 4.6 亿 t。

矿床成因类型、矿体地质特征等与我国鞍山式铁矿基本相似。矿体厚度大、形态简单、内部结构稳定。目前，国内武钢集团已对其进行系统地质工作。

2.2.2 Ambatondrazaka 钒钛磁铁矿矿床

矿床位于该国东北部 Tomasina 省 Ambatondrazaka 市北东约 12 km。矿区坐标东经 $48^{\circ}31'18''$ ，南纬 $17^{\circ}45'21''$ 。呈北西—南东向展布，矿床长约 4.4 km，宽约 1.5 km。

通过地面 200×10 m 网度磁法测量，以 2 000 nT 等值线圈出主要磁异常 4 处 (M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4)，异常总体形态比较规整连续，走向北西。磁异常范围完全落在镁铁—超镁铁质杂岩体中，并与水系沉积物测量中发现 Ti、Fe 异常吻合较好^[2]。

矿区内有工程控制的主矿体两个，分别分布在 M_1 、 M_2 磁异常内。

——I—1 号矿体：呈似层状，走向北西，倾向 25° ，倾角 55° ，矿体南东侧走向近北北西向，倾向 70° ，倾角 40° 。地表控制长 1 300 m，出露平均宽 65 m。矿体中见磁铁辉石岩夹层。矿体平均品位 TFe 30.3%，Ti 5.31%。

——II 号矿体：分布在 M_2 异常区内。呈层状产出，走向北西，倾向北东，倾角 56° 。地表控制宽度 24.4 m。矿体平均品位 TFe 33.3%，Ti 8.98%。

根据圈定的磁异常估算该矿床铁矿石 (334) 类资源量约 5 亿 t，伴生金属钛约为 4 000 万 t，伴生钒约 500 万 t^[2]。

矿体产在稳定太古代地台区，含矿岩体受区域深大断裂控制，为典型的岩浆岩型铁矿床—与我国攀枝花钒钛磁铁矿一致。含矿母岩为镁铁—超镁铁质杂岩体。

2.3 铬铁矿

铬铁矿是马岛优势矿种之一，资源潜力较大。主要分布在该国中北部地区，产于超基性岩体中的似层状、透镜状铬铁矿化橄榄岩中，如 Andriamena、Ambatondrazaka 等地区。但个别矿区缺乏系统的地质工作，资源潜力不详。

Bemanevika 铬铁矿位于马岛东北部，矿权为国有公司所有，其资源储量估计为 250 万 t，Cr 品位 29%~33%，为该铬铁矿资源储量最大的基地，目前尚未开采。

Anderomena 铬铁矿为该正在开采的矿山，矿体呈透镜状、交叉层状产出。其资源储量估算为 48 万 t，年产量约 10 万 t，Cr 品位 33%~39%。矿山生产铬精粉和粗矿石，主要出口中国。

Bemanvo 铬铁矿也位于 Bemanevika 铬铁矿南部，二者相距约 50 km。矿业权为国内一家地勘单位拥有，共圈定了 8 个具有一定规模的铬铁矿体，预测铬铁矿总资源储量可达大型以上规模。

综合资料分析，马达加斯加的铬铁矿成因多半属于岩浆早期分凝矿床。

2.4 铜、铅、锌等多金属矿

铜、铅、锌等多金属矿分布在马岛的东北部、中部和西南部。通过已知铜矿点资料和成矿条件、成矿作用、成矿物质来源等基本因素分析,主要的成因类型有3种:中部的矽卡岩型铜矿床、北部和西部为玄武岩型热液充填交代型铜矿、火山岩热液蚀变型。

Miantirano 铜矿床:该矿位于马岛西部,隶属 Majunga 省 Maintirano 区管辖。矿区面积 65 km²。该矿床主要产于玄武岩中,铜矿由石英、黄铜矿和孔雀石组成。它以裂缝型矿脉式出现其矿脉厚为 0.5~1.5 cm。局部有裂缝的石英矿脉中有极微细的自然铜。矿石为角砾结构的含孔雀石的玄武岩、液泡式孔雀石、散布式孔雀石、填充风化玄武质岩的孔雀石。现场拣块取样分析结果:Cu 品位为 3.5%。矿床成因为玄武岩型热液充填交代型铜矿。

Ambositra 铜矿床:该矿位于马岛中南部,隶属 Fianarantsoa 省 Ambositra 区管辖。矿床由多个铜矿点组成弧形,正好与碳酸岩和花岗岩接触带一致。每个矿点均有多个矿体,矿体宽约 0.3~0.8 m,地表出露延长约 50~300 m。矿石矿物以斑铜矿、辉铜矿为主;其次为黄铜矿、黄铁矿、方铅矿等。现场拣块取样分析结果:Cu 品位为 1.35%~24.92%。该矿成因为矽卡岩型。

2.5 海砂矿

马岛海岸线总长 3 991 km,根据其地质条件及地貌海砂矿主要分布在东海岸,从北部的 Sambava 到南部的 Ambazoa 1 800 km 海岸线,有多个已经开采的海滨砂矿。

Fenoarivo—Soanierana 海砂矿:该矿位于马岛东北部沿海地区,隶属于 Toamasina 省 Soanierana 区管辖。矿区总面积约 81.25 km²。主要矿物为磁铁矿、钛铁矿、锆英石、独居石及少量的金红石、磷钇矿等。可采矿区海砂中 TiO₂ 平均含量为 5.71%,ZrO₂ 为 0.55%。经估算矿区钛铁矿、锆石、金红石的矿物资源量分别是 210.51、10.05 和 1.98 万 t,矿产资源总值约 27 亿元人民币^[3]。

Tolagnaro 海砂矿:该矿位于马岛东南部沿海地区,隶属于 Toliala 省 Tolagnaro 区管辖。该矿为 Rio Tinto 和马国政府合作开发。钛铁矿、锆英石资源储量估算分别是 6 700 和 300 万 t,估计盈利约 5.5 亿美元。

2.6 沙金

马达加斯加为一岛国,环岛周边滨海沉积型砂矿资源储量巨大,众多河谷盛产砂金,被誉为“珍宝岛”、“金银岛”。沙金矿点主要分布流经马岛东部以前寒武系为主的老地层水系中。

3 找矿方向

每个矿种的赋存都有它的专属性,根据马达加斯加独特的地质特征和成矿环境及矿产分布特征等,并结合在该国多年的工作经验,马岛未来的找矿方向应在以下几方面:

1) 太古代老基底绿岩硅铁建造。位于马岛中东、中西、北

部的老基底出露区。矿石类型为磁石英岩,部分含锰较高。该类型矿与我国鞍山本地区同时代、同类型的铁矿相似。由于马岛的太古代老基底变质、变形程度较高,单矿体规模可能要小于鞍山本地区,但平行、平面上会有数条矿体,走向上、倾向上存在尖灭再现现象。多个矿床或矿田可以形成几亿或 10~20 亿 t 规模的超大型铁矿基地;2) 古生代(印支成矿期)超铁镁、铁镁质超大规模基性杂岩体中的结晶分异型、熔离型钒钛磁铁矿。前期地质工作已经找到一处超大型矿床,该矿床赋存在一出露面积达几万平方公里(1:2 000 000 区域图上判断)的超铁镁、铁镁质超大规模基性杂岩体中。根据攀枝花地区找矿经验,该类矿床一般都是超大型的并会成群出现。另推断如此超大规模基性杂岩体矿床贡献量也不会就形成这一个矿床;3) 大陆边缘俯冲带斑岩型或基底活化型铜矿床。从马岛的地质背景条件看,这两种类型的可能性都存在,两种类型的判断可通过对成矿花岗岩的进一步认识来判别。前期工作中在岛的中南部(老基底出露区)已发现一处成矿远景区,非常值得进一步工作。非洲大陆东部从埃塞俄比亚—赞比亚—津巴布韦几十处世界级铜矿床很大一部分与老基底及老基底活化有关。马岛与非洲大陆崩解前位于索马里、肯尼亚和坦桑尼亚毗邻的位置上,因此无论是上述那种类型,都可能形成一定规模的矿床;4) 玄武岩型铜矿。马岛西部、南部大体走向北东深大断裂西侧断陷盆地中存在大规模中生代喷出岩。从酸性到基性均有,序列目前还未搞清,但在马岛西南的玄武岩中已发现该类型铜矿床,品位低,资源量规模可达到大型;5) 基性杂岩中赋存铜矿。马岛东北角和西南角各有出露面积近 1 万 km² 基性杂岩,现已知有多处铜矿点。该找矿目标是否与津巴布韦大岩墙相比较;6) 红土型镍矿。在 Ambatondrazaka 地区已 Alaotra—Didy 断裂带为界,东部发育变质基性—超基性岩,出露面积达几万平方公里,已知的镍矿床、镍矿点主要分布在这个区域,如正处于准采阶段的 Ambatovy 大型红土型镍矿。该类矿也应与前述的超铁镁、铁镁质超大规模基性杂岩体有关,应与其脉动期中的部分铁镁矿物含量达 90% 以上类橄榄岩或就是橄榄岩有关。所以该区是寻找红土型镍矿的首选靶区之一;7) 绿岩型金矿。马岛中东部多河谷均盛产砂金,一般赋存于第三系沉积砂砾层中,物源应属前寒武系的老地层,其分布面积占马岛的 2/3,所以在马岛东部前寒武系老地层中,寻找绿岩型金矿也应该是各地勘单位的主攻方向;8) 海砂矿。海砂矿可称为马国的优势矿种,寻找方法简单,结合该国海岸线分布情况,可将其东部沿海地区作为靶区。

4 结语

目前,我国正处于经济高速发展期,对矿产资源的需求量逐渐增大,许多急需、紧缺的矿种进口量也持续增长,对外依存度不断提高。故此,积极推进我国重要矿产资源

• 矿物开采 •

白云铁矿东采场采坑内驻留矿体开采研究

姬志勇 程素萍 樊学豹 张 丽

(包钢(集团)公司白云鄂博铁矿, 内蒙古 包头市 014080)

摘要: 针对采场作业空间窄小, 水平分层矿量衰减速度加快, 同时由于矿石胶带运输系统建设和岩石胶带二期运输系统移设项目不能按期实施, 提出将矿石胶带运输系统破碎站和岩石二期胶带运输系统破碎站取消, 采出受其影响形成的采场采坑内驻留矿体。

关键词: 水平分层矿量; 驻留矿体; 胶带运输系统

中图分类号: TD 803 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-8550 (2013) 01-0010-03

1 概况

白云鄂博铁矿 1957 年建矿, 现已形成了年产铁矿石 1 200 万 t 的规模, 达到了设计生产能力, 是国内的大型露天矿山之一。截止 2011 年底, 已采出矿石 3.25 亿 t, 其中主采场采出矿石 1.86 亿 t, 东采场采出矿石 1.52 亿 t。采场年下降速度为 12.3 m。采场生产后期矿山工程延伸速度还将进一步加快, 东采场保有矿石量 3 600 万 t。

1.1 地质概况

收稿日期: 2012-09-16

作者简介: 姬志勇 (1962-), 男 (汉族), 河北东光人, 包钢(集团)公司白云鄂博铁矿矿长, 高级工程师。

勘查开发“走出去”, 长期、稳定、安全的利用境外矿产资源, 实现重要矿产资源的全球配置, 是解决国内供需矛盾的重要举措。马达加斯加矿产资源丰富, 基础地质工作落后, 所以充分利用我国地勘单位先进的找矿经验和技能, 开展矿产勘查、寻找矿产地, 为中国企业对马岛资源市场的开发、利用提供基础平台, 增强中马资源互补性。

东采场矿体为一西窄东宽的扫帚状, 该矿体东西长 1 320 m, 最宽为 390 m, 沿倾向最大延深达 870 m, 走向约 70°, 倾向南东, 倾角 58°。矿石类型主要为磁铁矿、氧化矿、高铌高稀土矿, 矿体的上盘围岩主要由含铌和稀土的板岩、白云岩、云母片岩、变质砂岩和石英岩组成; 下盘围岩除极少数的萤石带、褐铁矿带外, 其余均为含稀土的白云岩组成。铁矿石品位波动为 20%~50%, 平均铁品位为 33.16%。

1.2 东采场境界参数

东采场是白云鄂博铁矿目前开采的两大采场之一, 采场最高标高 1 674 m 水平, 封闭圈标高 1 594 m 水平, 上部境界长 1 400 m, 宽 1 020 m, 露天底部标高 1 230 m, 露天底宽 190 m, 长

参考文献:

- [1] 陈江. 非洲地质经济 [C]. 薛运青. 马达加斯加地质与矿产简介 [M]. 北京: 地质出版社, 2009.
- [2] 邵件波. 马达加斯加 Ambatondrazaka 地区钛铁矿普查报告 [R]. 沈阳: 中国地质调查中心沈阳地质调查所, 2010.
- [3] 邓杏才. 马达加斯加海滨砂矿经济效益分析及循环经济模式探讨 [J]. 武汉: 当代经济杂志社出版, 2010.

Mineral resource distribution and ore search direction in Madagascar

WANG Hongbo, LI Baoke, JIANG Zhihai

(Liaoning Geological Exploration Research Institute, Anshan 114010, China)

Abstract: The distribution of strata, geological structures and magmatic rocks in Madagascar is described in brief. The experiences of other Chinese geological organizations that have worked in Madagascar are collected and summarized. The mineralization conditions and ore embedding status of different ore kinds in Madagascar are analyzed. On these bases, the ore search direction in Madagascar is explained, which is referential for Chinese geological organizations.

Key words: Madagascar; distribution of mineral resources; ore search direction