

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.08.008

加纳成矿区带划分与勘查开发现状

向鹏, 曾国平*, 姜军胜, 吴发富, 王建雄, 胡鹏, 张继纯, 严永祥

XIANG Peng, ZENG Guoping*, JIANG Junsheng, WU Fafu, WANG Jianxiong, HU Peng,
ZHANG Jichun, YAN Yongxiang

中国地质调查局武汉地质调查中心(中南地质科技创新中心), 湖北 武汉 430205

Wuhan Center, China Geological Survey(Central South China Innovation Center for Geosciences), Wuhan 430205, Hubei, China

摘要:加纳矿产资源丰富, 优势矿产资源主要有金、铝土、锰、金刚石等, 是国际矿业公司勘查和开发的热点国家之一。与此相对, 加纳地质矿产工作程度总体较低, 缺少全国性区域成矿规律总结, 其资源潜力也缺少科学评价, 制约了中资企业在加纳的矿业投资抉择与部署。在前人研究基础上, 梳理总结了加纳的区域地质背景和优势矿产资源特征, 进而划分出 6 个Ⅳ级成矿带, 并总结了各成矿带的地质矿产特征, 初步分析评价了各类矿产资源潜力。通过搜集整理各类资料、数据, 总结了加纳的矿产勘查开发现状, 对中资企业在加纳的矿业投资方向提出具体建议, 为中资企业“走出去”开展矿业合作提供参考。

关键词:加纳; 矿产资源; 成矿区带; 矿业投资

中图分类号:P612;F416.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2023)08-1353-12

Xiang P, Zeng G P, Jiang J S, Wu F F, Wang J X, Hu P, Zhang J C, Yan Y X. Metallogenic belt division and status of mineral exploration and development in Ghana. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(8): 1353-1364

Abstract: Ghana is rich in mineral resources, and dominant mineral resources are gold, bauxite, manganese, diamond and so on. Ghana is one of the hotspot of exploration and development for international mining companies. In contrast, the working degree of geology and mineral resources in Ghana is generally low, lack of regional metallogenetic regularity summary and scientific evaluation of mineral resources potential, which restricts the choice and deployment of chinese companies in Ghana's mining investment. In this paper, on the basis of predecessors study, the regional geological background and the characteristics of dominant mineral resources in Ghana are clarified. And six Ⅳ-level metallogenic belts are divided, the geological and mineral characteristics of each metallogenic belt are summarized, and the mineral resources potential is evaluated. By collecting and sorting out various information and data, this paper summarized the current status of mineral exploration and development in Ghana, provided some specific suggestions on the mining investment in Ghana, and reference for overseas mining cooperation.

Key words: Ghana; mineral resources; metallogenic zone; mineral investment

加纳位于西非几内亚湾北岸, 矿产资源十分丰富, 优势矿产资源主要有金、铝土、锰、金刚石等。由于成矿地质条件优越, 找矿潜力巨大, 加纳一直是国际矿业公司勘查开发的热点国家之一。随着“一带一路”倡议持续推进, 中资企业加大了对加纳

的勘查和开发投入, 深度融入加纳矿产资源开发进程。与此相对, 加纳已完成的地质矿产调查工作多聚焦于重点矿区, 缺少针对加纳重要矿产的全国性区域成矿规律总结, 其资源潜力也缺少科学评价, 这些都制约了中资企业在加纳的矿业投资抉择与

收稿日期:2021-12-29; **修订日期:**2022-08-04

资助项目:中国地质调查局项目《北部非洲大型铜金资源基地评价》(编号:DD20190443)和《几内亚-科特迪瓦莱奥地盾铁锰铝资源调查》(编号:DD20201153)

作者简介:向鹏(1986-), 男, 高级工程师, 从事地质矿产工作和研究。E-mail: xpstc@163.com

* **通信作者:**曾国平(1990-), 男, 博士, 高级工程师, 从事矿床学研究。E-mail: 1204929467@qq.com

矿产勘查部署。

成矿区带是区域成矿规律研究成果的集中反映,是研究成矿规律的基本途径和部署矿产勘查工作的科学依据(朱裕生等,1999)。成矿区带划分是指导矿产勘查的资料和理论依据,其重要性及实用价值早有共识(朱裕生等,2013)。实践证明,准确圈定成矿区带对提高矿产勘查的实际效益非常明显(肖克炎等,2016)。本文立足于加纳已有地质矿产研究成果,开展加纳重要固体矿产资源成矿规律研究和成矿区带划分,科学分析评价各区带成矿潜力,同时结合加纳矿产勘查开发现状,提出加纳矿业投资方向的具体建议。本次研究将对中资企业在加纳开展矿业投资和勘查部署提供有益借鉴。

1 地质矿产概况

1.1 区域地质背景

加纳大地构造归属西非克拉通,该克拉通从北至南包含雷圭巴特地盾、陶德尼盆地、马恩地盾、莱奥地盾、沃尔特盆地等多个次级构造单元(图1-a)。加纳位于西非克拉通东南部,跨越莱奥地盾和沃尔特盆地2个主要构造单元:①莱奥地盾,分布于加纳西北部和西南部,主要地层单元为古元古界比利姆岩系及其上覆的塔克瓦岩系和侵入岩,形成于2.2~2.05 Ga;②沃尔特盆地,分布于加纳东部和东南部,盆地边缘为新元古界碎屑岩、片岩和正片麻岩,盆地内部主要为新元古界—下古生界沃尔特超群各类碎屑沉积岩(图1-b)。

莱奥地盾是加纳矿产资源的主要分布区,主要由广泛分布的古元古界比里姆(Birimian)超群变质火山岩和变质沉积岩,以及上覆的塔克瓦(Tarkwaian)群碎屑岩组成(Perrouy et al., 2012)。比里姆超群可进一步细分为上比利姆岩系和下比利姆岩系。上比利姆岩系由交替出现的变质火山岩和变质火山碎屑岩组成,并被同期英云闪长岩—花岗闪长岩侵入(2.18~2.17 Ga)。下比利姆岩系主要由陆相沉积的千枚岩、片岩、凝灰岩、杂砂岩等组成。塔克瓦群主要形成于埃布尼造山运动阶段比里姆超群内的山间盆地,由多组分的砾岩、砂岩和少量页岩组成,其碎屑物质主要来源于比里姆超群。加纳古元古代地层的空间分布总体受克比—温内巴构造带(Kibi-Winneba belt)、阿散蒂构造带(Ashanti belt)、塞夫维构造带(Sefwi belt)、布伊构造

带(Bui belt)、博莱—兰沟蒂构造带(Bole-Nangodi belt)5个北东—南西向构造带和近南北向劳拉构造带(Lawra belt)控制。

基于野外调查、地球化学和同位素研究,前人认为上述6个构造带形成于古元古代多岛弧盆系统演化过程(Wright et al., 1985; Perrouy et al., 2012): ① $\geq 2.35 \sim 2.25$ Ga, 为拉张构造环境微陆核边缘,接受陆源碎屑沉积,形成下比利姆岩系绿片岩相砂质—泥质复理石序列,主要为黑色、灰色千枚岩、片岩和变—杂砂岩,含火山岩夹层;②2.25~2.15 Ga, 为俯冲相关岛弧环境火山—岩浆活动,形成上比利姆岩系的变质镁铁质火山碎屑岩,以及相关的中基性侵入岩和Tamnean深成中性侵入岩(包括Dixcove型花岗岩类),末期在区域西部边缘形成向东倾的俯冲带,并导致局部地区下比利姆岩系被推覆至上比利姆岩系至上;③2.15~2.10 Ga, 与西部马恩地盾发生碰撞,标志进入埃布尼造山阶段,在区域西北部形成逆冲推覆构造带,同时上比利姆岩火山岩带中发育狭窄的山间盆地,接受河湖相磨拉石沉积,形成以复成分砾岩为特色的塔克瓦群,巨厚地壳物质深熔则形成Cape Coast型花岗岩类;④2.10~2.06 Ga, 西向俯冲板片后撤形成伸展构造背景,形成高钾岩浆活动,主要为Bongo型粉色钾质花岗岩类。埃布尼造山运动期间(2.15~2.06 Ga),挤压—伸展构造体制转换,伴随强烈挤压剪切、区域变质及岩浆活动等复杂过程,形成世界级的金矿富集区。

1.2 矿产资源特征

加纳矿业在其国民经济发展中占有重要地位,约占国内生产总值的15%,主要的优势固体矿产资源有金、锰、铝土矿、金刚石等。此外,还有丰富的石油、天然气等能源矿产和石灰石、红柱石、石英砂、高岭土等建筑石材矿产(图1-b)。

1.2.1 金矿

加纳因丰富的黄金资源被称为“黄金海岸”,金资源量达3885 t,已探明金储量为1303 t。加纳金矿密集分布在其西北部、西部和西南部地区,目前已发现大型金矿(>20 t)12处,超大型(>200 t)金矿5处,其中最具代表性的是奥布阿西金矿,资源总量(含储量)为912.26 t,全球排名第24,非洲排名第8(前7名均在南非)。目前加纳已取代南非成为非洲最大的黄金生产国,据估计已生产黄金总量超过1500 t(张继纯等,2019)。其中,阿散蒂金矿从1898年开

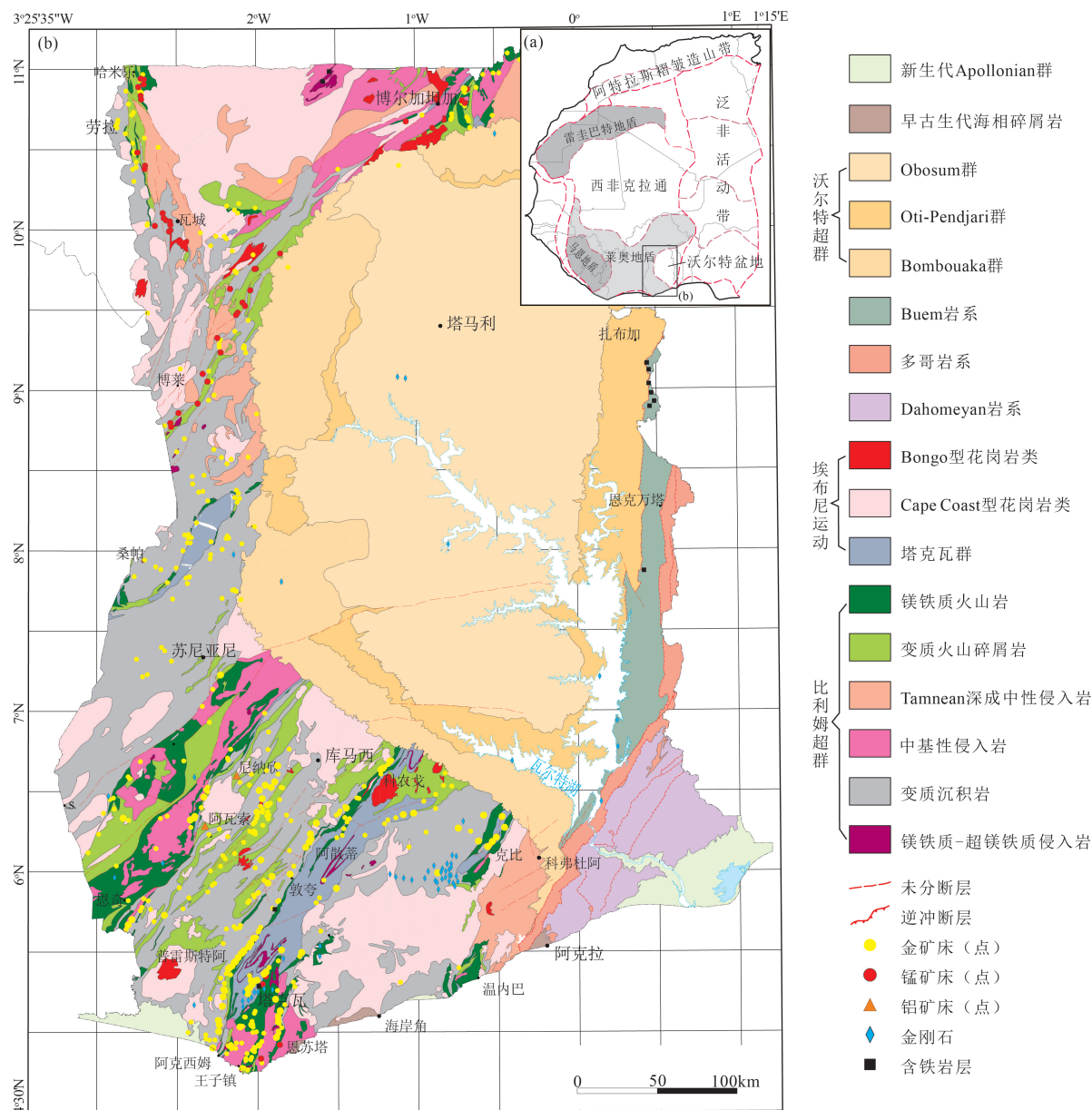


图 1 加纳地质矿产图(据 Schlüter, 2006 修改)

Fig. 1 Geology and mineral resources of Ghana

始至今累计产出黄金近 800 t(张继纯等, 2019), 是加纳生产黄金最多的金矿山。

加纳金矿主要有 3 种成因类型(Taylor et al., 1998; Goldfarb et al., 2017): ①造山型金矿, 主要发育于比利姆超群中, 赋矿围岩为碎屑岩、基性火山岩、次火山岩侵入体、花岗岩等, 成矿与埃布尼造山运动有关, 成矿时间为 2.1~2.09 Ga(Pigois et al., 2003), 经济意义最大的金矿化主要产于火山绿岩带和沉积盆地边缘的剪切带, 大部分矿床具有多阶

段矿化的特征, 早期发育浸染状硫化物, 晚期广泛发育石英脉和网状脉, 主要有石英脉型、浸染状金-硫化物型和花岗岩类浸染状-网脉状金矿化 3 种矿化形式, 多见明金, 黄铁矿和毒砂是主要的载金硫化物(阿散蒂(Ashanti)、科农戈(Konongo)和普雷斯特阿(Preseta)), 部分矿床中也存在大量黄铜矿, 方铅矿、闪锌矿、黝铜矿等次要硫化物和碲化物、铋化物也有发现(奥本内梅斯(Obenemase)、阿散蒂、博戈索(Bogosu)、普雷斯特阿); ②古砾岩型金矿,

位于塔克瓦群 Banket 岩系中,围岩主要由石英岩、砾岩、变砾岩等构成。除金矿化外,还伴生碎屑状磁铁矿和赤铁矿(塔克瓦(Tarkwa)、特贝雷比(Teberebie)、伊杜普里姆(Idupriem)),该类型金矿床中通常以砾岩层控金矿化为主,部分矿床叠加后期近水平含金石英脉,虽然这些石英脉总体品位较低,但在合适条件下可以延伸很远,形成大规模潜在资源,后期叠加的热液金矿化的成矿时间为 2.03~1.98 Ga(Pigois et al., 2003; White et al., 2014);③砂金矿,形成于近代和较近时期的河流砾石层中,金与锡石、铬铁矿、磁铁矿、金刚石、石榴子石等伴生(敦夸(Dunkwa)、邦特(Bonte))。

1.2.2 铝土矿

早在 1914 年,在加纳东部埃万尼马山区即发现了第一个铝土矿床,经过百余年的勘探,目前已发现铝土矿床(点)近 20 处,探明储量 4×10^8 t,预测资源量达 10×10^8 t,且矿石品位较高, Al_2O_3 含量为 28.21%~61.72%,平均品位约 50%, Al/Si 平均值为 30 左右。加纳已发现的铝土矿主要分布在 4 个区域:西部省阿福—塞夫维贝夸伊(Afo-Sefwi Bekwai)地区、阿散蒂省阿亚—尼纳欣(Aya Nyinahin)地区、东部省阿特瓦山(Atewa Range)地区及东部省埃万尼马山(Mt.Ejuanema)地区(张海坤等, 2021)。

加纳铝土矿主要为比利姆超群火山碎屑沉积岩或沃尔特超群粘土页岩红土化作用的产物,形成于低纬度的潮湿热带环境,主要产于山顶和山脊厚约数米至八十多米的层状风化残积物(硅铝铁风化壳)中。铝土矿层的典型剖面自上而下可划分为铁质壳层、斑状混合带和弱分解带 3 个层位。其中斑状混合带是最重要的含矿层位,厚度一般为 1.10~60.33 m,自上而下可进一步划分出 3 个亚带:浅黄色—褐黄色土状铝土矿带、黄色—褐红色土块状铝土矿带、褐黄色—褐红色块状铝土矿带。矿石类型按结构构造分为:高铁块状铝土矿(铁质壳)、土状铝土矿和块状铝土矿。矿石矿物以三水铝石为主,另含有高岭土、蒙脱石等矿物。铝土矿层底部通常以高岭土层与下伏原岩分隔开,其上通常有一定厚度(1.5~3 m)的红色—棕色和浅灰色土壤、土壤与红土混合层或铝土矿碎块与红土混合层作为覆盖层(秦术凯, 2016)。

1.2.3 锰矿

加纳已探明锰矿石储量 4900×10^4 t,约占世界

总储量的 2%,氧化锰矿平均品位集中在 42%~54%之间,是赤道以北非洲锰矿储量最多的国家,且具有露天开采的优势。加纳锰矿主要分布在 3 个地区:①北部巴库和博尔加坦加地区;②北纬 8.6° 以北、西经 1.6° 以西的地区;③西南部恩苏塔(Nsuta)矿区(程湘等, 2021)。

加纳锰矿主要发育在古元古代比利姆超群中,呈条带状的含锰地层受控于相对狭窄的地层层序。部分含锰地层厚度数十米,延长达数百米;部分厚度达数百米,延长达数千米。富锰矿主要为氧化物和锰酸盐次生富集的产物,含锰围岩为石榴子石千枚岩、片岩,属沉积变质—风化型。含锰矿物主要为软锰矿、硬锰矿、水锰矿、恩苏塔矿、锰石榴石等。

1.2.4 金刚石

加纳金刚石预测资源量为 1×10^8 Ct,约 80% 的直径小于 2 mm,绝大部分用于工业目的,主要产于中部比利姆河和伯纳萨(Bonsa)河流域。此外,加纳西南部的火山岩带(阿散蒂、赛夫维、克比、布伊)及其附近地区也有相当多的金刚石矿点,塔克瓦南部地区也发现了储量规模小但经济价值高的金刚石矿点。

加纳大部分金刚石矿位于比利姆超群变质沉积岩及火山岩之上,但几乎所有金刚石均产自全新世河床沉积物内,主要为河流冲积型矿床,尚未发现金伯利岩。据美国地质调查局(USGS)数据,比利姆河流域已探明金刚石储量约 2900×10^4 Ct,平均品位 $0.61 \sim 1.45$ Ct/ m^3 ,主要赋存在比利姆河流域边缘和残留阶地的砾石层。这些含金刚石砾石层大多厚 1~2 m,并被 5~6 m 厚的盖层覆盖。

1.2.5 其他矿产

加纳铁矿资源量估计为 14×10^8 t,石油资源量据初步估计在 20×10^8 bbl 左右,天然气资源量据初步估计约 227×10^8 m^3 。近年来,加纳南部比利姆超群中的硬岩型锂矿也越来越受重视,目前已查明氧化锂资源量 37.9×10^4 t。此外还有石灰石、红柱石、石英砂、高岭土等矿产资源。

2 成矿区带与资源潜力

由于加纳的矿产资源主要分布于西部的莱奥地盾,区域成矿作用、成矿时代、成因类型等主要受控于莱奥地盾的构造—岩浆—成矿演化过程,因此加纳主要属于莱奥地盾金、锰、铝土、金刚石Ⅲ级成矿

带。在此Ⅲ级成矿带内,又可根据矿产空间分布、矿床地质特征及构造带展布,进一步划分出 6 个Ⅳ级成矿带,从南到北依次为:Ⅳ-1 克比-温内巴金、锂、金刚石成矿带,Ⅳ-2 阿散蒂金、锰、金刚石成矿带,Ⅳ-3 塞夫维金、铝土成矿带,Ⅳ-4 布伊金成矿带,Ⅳ-5 博莱-兰沟蒂金、锰成矿带,以及Ⅳ-6 劳拉金、锰成矿带(图 2)。

除劳拉金、锰成矿带呈南北走向外,其余各成矿带皆呈北东向平行展布。其中劳拉成矿带位于加纳西北部,博莱-兰沟蒂、布伊成矿带位于加纳中

西部。北部 3 个成矿带的地质矿产调查以 1:12.5 万为主,勘查程度较低;南部的 3 个成矿带已完成大量 1:5 万~1:10 万的地质矿产调查,勘查开发程度相对较高,目前已发现的和在产的大型—超大型矿山主要集中于南部 3 个成矿带。

2.1 Ⅳ-1 克比-温内巴金、锂、金刚石成矿带

克比-温内巴金、锂、金刚石成矿带位于加纳首都阿克拉西侧,整体呈北北东向展布,宽度约为 2 km,从北端的克比延伸至大西洋沿岸的温内巴,延伸长度约为 130 km。该成矿带主要出露古元古代

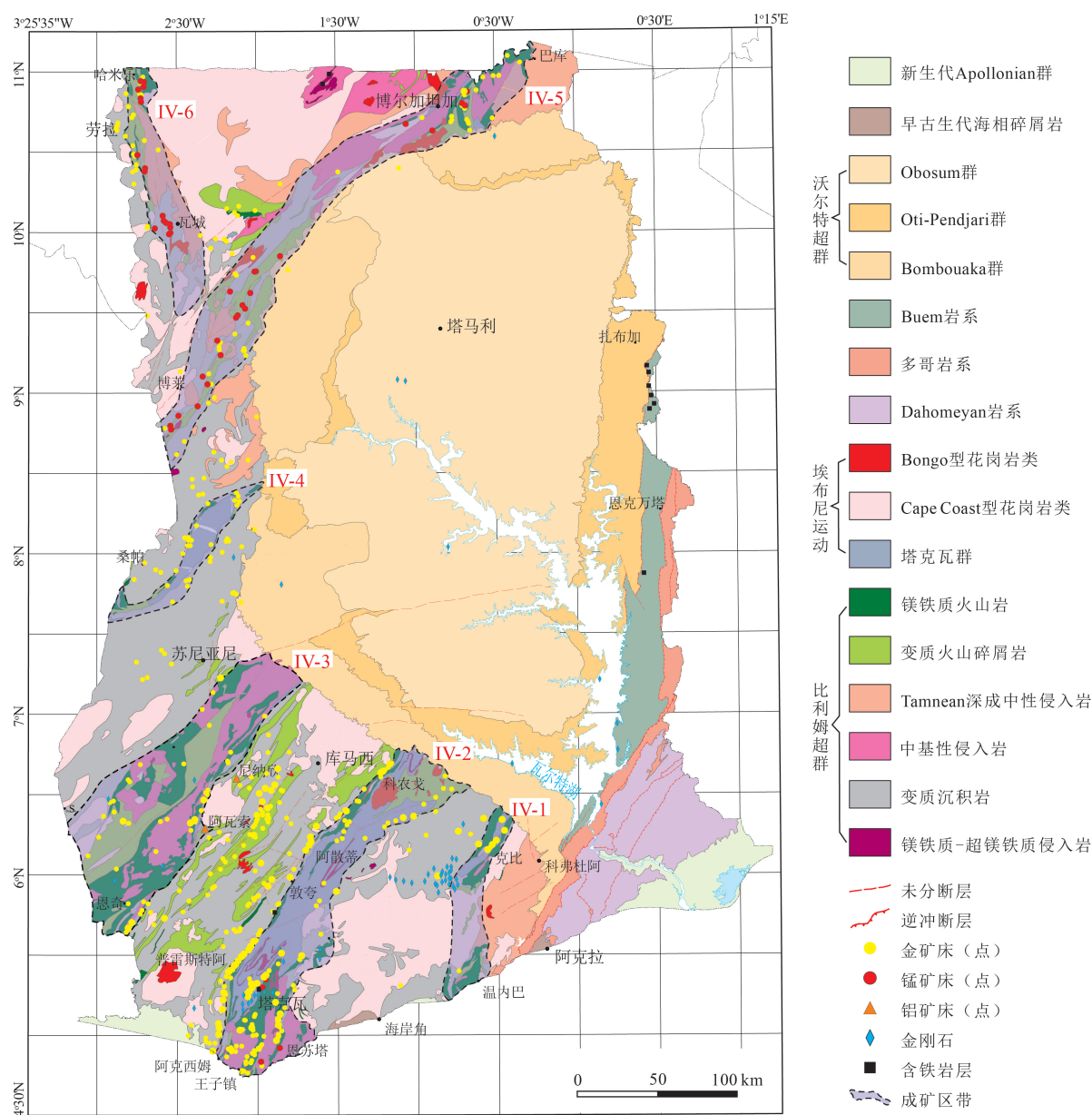


图 2 加纳成矿区带划分图(据张继纯等,2013 修改)

Fig. 2 Division of iron metallogenic belt in Ghana

上比利姆岩系镁铁质火山岩和塔克瓦群碎屑岩,局部受北北东向断裂控制,中部被埃布尼运动期 Cape Coast 型花岗岩和 Tamnean 深成中性侵入岩侵位,使带内比利姆超群出露不连续。比利姆超群的碎屑岩单元主要呈面状分布于成矿带西侧。

克比-温内巴成矿带中的金矿主要为普拉河(Pra)上游的冲积型砂金,主要产于比利姆超群和塔克瓦群之上的河床沉积物,在产金矿山超过 8 个,代表性矿床有克比和夸奔(Kwabeng),2 个矿床金资源量约 29 t。

2017 年,高分辨率航空磁测和放射性测量在温内巴以西约 40 km 的 Ewoyaa 地区发现了大量含粗晶锂辉石和锂云母的伟晶岩,截至 2022 年 3 月已探明氧化锂资源量 37.9×10^4 t。这些伟晶岩主要产于下比利姆岩系 Cape Coast 型花岗岩中。前人研究显示,Cape Coast 型花岗岩为埃布尼造山运动变质峰期形成的 S 型花岗岩,广泛发育伟晶岩,与马里 Goulamina 锂矿的成矿地质背景相似(Wilde et al., 2021)。鉴于区内 Cape Coast 型花岗岩广泛出露,克比-温内巴成矿带具有良好的锂矿勘查前景。

同时,克比-温内巴成矿带也是加纳重要的金矿产区,已发现金矿点数十处,主要为冲积型矿床,同样集中于普拉河流域的比利姆超群之上的河床沉积物,其中的阿夸蒂亚(Akwatia)拥有金矿储量 1400×10^4 Ct,平均品位 1 Ct/m^3 。

2.2 IV-2 阿散蒂金、锰、金刚石成矿带

阿散蒂金、锰、金刚石成矿带位于克比-温内巴成矿带西侧,整体呈北东向展布,东西宽约 50 km,从东北端的科农戈到西南端的王子镇走向延伸约 260 km。主要出露上比利姆岩系镁铁质火山岩、变质火山碎屑岩和塔克瓦群,从南西至北东依次出露埃布尼同构造期中基性侵入岩、镁铁质-超镁铁质侵入岩,以及埃布尼运动晚期 Bongo 型花岗岩类,北东向和北西向断裂发育。

该成矿带中的金矿包括造山型、古砾岩型及冲积型砂金 3 种成因类型(Pigois et al., 2003; Tunks et al., 2004; Berge et al., 2011; 张继纯等, 2013)。据标普市场财智(SNL)披露,25 个矿床金资源量达 2614 t,且金资源潜力巨大,是加纳最大的金成矿带。其中,阿克姆、阿散蒂、科农戈、万萨(Wassa)(Perrouy et al., 2016)、伊杜普里姆、贝波索(Beposo)、格鲁米萨(Grumesa)、阿考斯(Akoase)、阿扬夫里等大型—

超大型金矿床是造山型金矿床的典型代表。该类金矿床发育浸染状金-硫化物型和含自然金石英脉型 2 类金矿化。有利赋矿围岩通常为上比利姆岩系与下比利姆岩系过渡的互层状粘土岩、硬砂岩,成矿时间可能为 $2.1 \sim 2.09 \text{ Ga}$ (Fougerouse et al., 2017)及火山碎屑岩系。火山碎屑岩与酸性岩脉接触带、断裂交会部位及北东东向褶皱转折端是主要的控矿构造。该成矿带西缘的普雷斯特阿(Prestea)-博戈索(Bogoso)、奥布阿西(Obuasi)和科农戈(Konongo)3 条北东-南西向构造带是区内最有勘查价值的区段。塔克瓦和达芒(Damang)(Tunks et al., 2004)2 个大型-超大型金矿床是该成矿带古砾岩型金矿床的典型代表,金矿化主要赋存于塔克瓦群中厚 120~600 m 的 Banket 岩系,具体可划分为 6 个板状叠覆的含矿层,赋矿岩性为砂岩和砾岩。向北倾伏的 Pepe 开阔褶皱是其主要控矿构造。金主要呈他形-半自形粒状分布于砾岩基质中,指示其矿床成因为古砂矿(Pigois et al., 2003),成矿时代应与塔克瓦岩系同期。但是,达芒金矿床中同时发育大量石英脉,可延伸很远,形成大规模潜在资源,指示其后期有叠加热液成矿,热液成矿时间为 $2.03 \sim 1.98 \text{ Ga}$ (Pigois et al., 2003; White et al., 2014)。

此外,该成矿带还有锰、铁等多种金属矿产,在比利姆超群中最常见,并且条带状锰矿床通常多于铁矿床。其中,恩苏塔锰矿床位于塔克瓦以南地区,储量约 4690×10^4 t,资源量 6600×10^4 t,目前开采部分约 4.6 km^2 ,占地 172 km^2 ,矿层厚度大于 220 m,埋深约 30 m(程湘等, 2021)。由于比利姆超群已经发生了绿片岩相或更高级别变质,原生锰矿化的特点一般很难鉴定,次生氧化物下发育的碳酸锰层(菱锰矿)被认为是恩苏塔的原生锰矿化。锰矿体通常呈透镜状与围岩呈渐变关系,含锰围岩为比利姆超群千枚岩及玄武岩、长英质火山岩,属于沉积变质-风化类型锰矿。

塔克瓦附近的安科布拉河流域也是一个重要的金矿产区。

2.3 IV-3 塞夫维金、铝土成矿带

塞夫维金、铝土成矿带位于阿散蒂成矿带的北西侧,从恩奇延伸至苏尼亚尼附近,宽 5~8 km,北东走向延伸约 220 km。该成矿带主要被上比利姆岩系镁铁质火山岩、变质火山碎屑岩以埃布尼同构造期中基性侵入岩(花岗闪长岩和云英闪长岩等)

占据,局部出露少量塔克瓦群碎屑岩和 Cape Coast 型花岗岩类,构造主要为早期北东向断裂和晚期北西向断裂。

该成矿带中的金矿以造山型金矿为主,发育石英脉型、浸染状金-硫化物型和花岗岩类浸染状-网脉状金矿化 3 种金矿化,其次还有少量塔克瓦型和砂金型 2 种成因类型。据 SNL 披露,8 个矿床金资源量达 787 t,且资源潜力巨大,是加纳目前最具金矿找矿前景的成矿带 (Perrouy et al., 2014; 曹铁生等, 2020)。该成矿带正在开发或勘查的大型金矿有:阿哈福 (Ahafo)、比比亚尼 (Bibiani)、奇拉诺 (Chirano)、阿桑科 (Asanko) 等。其中,阿哈福金矿床已查明金储量 189.73 t,资源量 154.9 t,金资源总量排名全球前列,已成为世界级金矿床。经过近十余年的勘查工作,比比亚尼金矿床已发现金资源量 80 t,且矿区范围向南扩展很远,目前该矿床年产金量达 16 t。该成矿带中造山型金矿的成矿作用特征和成矿时代等与阿散蒂金、锰、金刚石成矿带 (IV-2) 中造山型金矿大体相似,破碎的、蚀变的铁镁质火山岩及花岗岩是该成矿带重要的赋矿围岩。塞夫维金、铝土成矿带东缘的北北东向比比亚尼剪切带是重要的控矿构造,该剪切带沿比比亚尼往南延伸约 30 km,不仅在比比亚尼地区产出大量含矿石英脉,而且向北延伸形成大量成矿远景区。

加纳最重要的铝土矿产区也位于塞夫维成矿带,尼纳欣和阿瓦索 (Awaso) 2 个矿区铝土矿资源占加纳全国总量 78% (Momade et al., 2009; 张海坤等, 2020)。其中阿瓦索铝土矿床在 2009 年由中国博赛集团收购,2010—2013 年四川省冶金地质勘查局对该矿床进行了普查工作,2014 年提交报告认定 (333+334) 资源量 7717.09×10^4 t, 为大型优质铝土矿床 (秦术凯等, 2012)。区内铝土矿均产在地势平缓的山丘山顶或山脊,含矿层位为古元古代比利姆超群火山碎屑沉积岩表层厚约几米至五十余米的风化残积物,矿区地层总体走向为北北东向,在中心部位有一次级向斜构造,呈北东向,两翼产状较陡,倾角约 60° ,未发现断裂构造,距矿区约 10 km 的东部和北部地区有过铝质花岗岩分布。

2.4 IV-4 布伊金成矿带

布依金成矿带位于塞夫维成矿带北侧,从西南端桑帕附近延伸至东北端的布依附近,宽约 15 km,北东向延伸约 120 km,是六大成矿带中规模最小的

一个。成矿带主要被上比利姆岩系镁铁质火山岩、火山碎屑岩和塔克瓦群碎屑岩所覆盖,显示出较好的成矿潜力,但是由于工作程度低,目前已查明金矿床较少,主要为金矿点。

该成矿带中目前已发现的金矿主要为造山型金矿,布伊和廷加 (Tinga) 2 个金矿床的资源量约 11.6 t,黑云母-绿泥石-角闪石片岩是主要的赋矿围岩,金矿化与绿泥石化-绢云母化-硅化-黄铁矿化等围岩蚀变密切相关。金成矿作用特征、成矿时代等与塞夫维成矿带相似。同时,布伊成矿带中塔克瓦群沉积岩出露良好,北东向延伸长度约为 100 km,最大宽度约为 18 km,厚度约为 9000 m,显示出古砾岩型金矿的找矿潜力。此外,该成矿带附近还发现少量孤立的金刚石矿点。

2.5 IV-5 博莱-兰沟蒂金、锰成矿带

博莱-兰沟蒂金、锰成矿带位于布伊成矿带北侧,整体呈北东向展布,从加纳西部边界的博莱附近延伸至加纳北部边界的博尔加坦加附近,宽 10~40 km,走向延伸约 370 km,是加纳延伸最长的成矿带。该成矿带地质工作程度较低,近东北端与布基纳法索相邻地带开展过 1:12.5 万的地质填图。受北东向断裂和侵入岩影响,该成矿带内上比利姆岩系火山碎屑岩和镁铁质火山岩出露不连续,主要分布在东北和西南两端,中部为大面积中酸性侵入岩,且塔克瓦碎屑岩出露较少。

该成矿带中分布有多处金矿床和数量众多的金矿点、锰矿点。金矿床主要为造山型成因,为埃布尼造山运动产物,典型矿床有纳迪明 (Namdini)、博莱和兰沟蒂,3 个金矿床的金资源量约 230 t。其中,纳迪明为露天开采金矿床,拥有金储量 157.2 t,平均品位 1.13 g/t,金资源量为 60.22 t,平均品位 1.12 g/t (边界品位 0.5 g/t),金矿化与比利姆超群变质火山岩中的石英-碳酸盐脉,及浸染状黄铁矿和毒砂密切相关。

几乎所有的锰矿点大多以薄层状或透镜体状产于强烈褶皱的千枚岩厚层中,单个锰矿层厚度从不足 1 m 到 5 m 多,褶皱枢纽部位厚度增大,单个锰矿透镜体的长度从几十米到数百米不等。高品位矿石主要集中在上部的氧化部位 (表生富集),发育各类次生氧化矿物,最具前景的锰矿床主要发现于地势突出的山丘上。20 世纪 60 年代早中期,前苏联地质队评估这些锰矿床的高品位

资源有限,所处位置偏远,运输成本高昂,不具有开采价值。

2.6 IV-6 劳拉金、锰成矿带

劳拉金、锰成矿带位于加纳西北部地区,整体呈北北西向展布,从南段的瓦城附近向北延伸至布基纳法索边界附近的哈密乐(Hamile),宽约 20 km,走向延伸约 175 km。该成矿带仅在北端出露少量上比利姆岩系火山碎屑岩和镁铁质火山岩,南端主要为下比利姆岩系变质沉积岩和 Tamnean 深成中性侵入岩,构造以北北西向断裂为主。

该成矿带内金矿也以造山型成因为主,因工作程度低,目前已发现的多为金矿点,金矿床数量较少。黑沃尔特(Black Volta)和瓦城(Wa)是目前有资源量披露的 2 个金矿床,资源总量约 93 t。该成矿带内的金矿化赋存于古元古代剪切花岗岩体中,受北北西向 Jirapa 断层控制,成矿与埃布尼造山运动相关,表现为石英脉型和浸染状矿化,主要硫化物有黄铁矿、磁黄铁矿和毒砂,蚀变矿物主要为碳酸盐、绢云母、绿泥石和赤铁矿。此外,该成矿带从南到北均有锰矿点产出,主要集中在南段的瓦城西部和北段的哈密乐东南。与博莱-兰沟蒂成矿带相

似,劳拉成矿带中的锰矿大多数也是以薄层状或透镜体状产出,锰矿具有一定勘查潜力,但是目前不具开采价值。

3 勘查开发现状

3.1 矿产资源勘查

近 10 年,加纳在资源勘查投入波动较大(表 1;图 2)。2010—2012 年,勘查投入不断加大,至 2012 年达到顶峰 3.5 亿美元。之后逐年回落,至 2016 年回落至近十年最低点,仅 0.65 亿美元,2017 年以后又呈现小幅回升趋势。

从矿种看,加纳主要勘查矿种为金矿。以 2020 年数据为例,加纳金矿勘查投入为 0.85 亿美元,占加纳总勘查投资的 95.4%,除金以外的矿种勘查投入占比非常小。值得注意的是,近年来随着新能源汽车对锂的需求加大,自 2018 年起,加纳出现锂矿的勘查投入,且逐年加大。

3.2 矿产资源开发

加纳矿产资源开发主要集中在金矿,其他矿种,如铝土、锰、铁、锂等尽管也有一定资源优势,但已投产项目较少(表 2)。

表 1 2010—2020 年加纳矿产资源勘查投入情况

Table 1 Investment of mineral resources exploration in Ghana from 2010 to 2020

百万美元

矿种	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 年
金	122.6	214.0	339.3	165.0	84.7	70.8	64.1	75.1	102.1	98.6	84.6
锂	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.4	4.0
其他	0.8	2.1	12.6	10.0	5.0	3.6	1.2	0.3	0.0	0.3	0.1
合计	123.4	216.1	351.9	175.0	89.7	74.4	65.3	75.4	102.9	100.3	88.7

注:数据来源为标普全球市场财智 SNL,2021

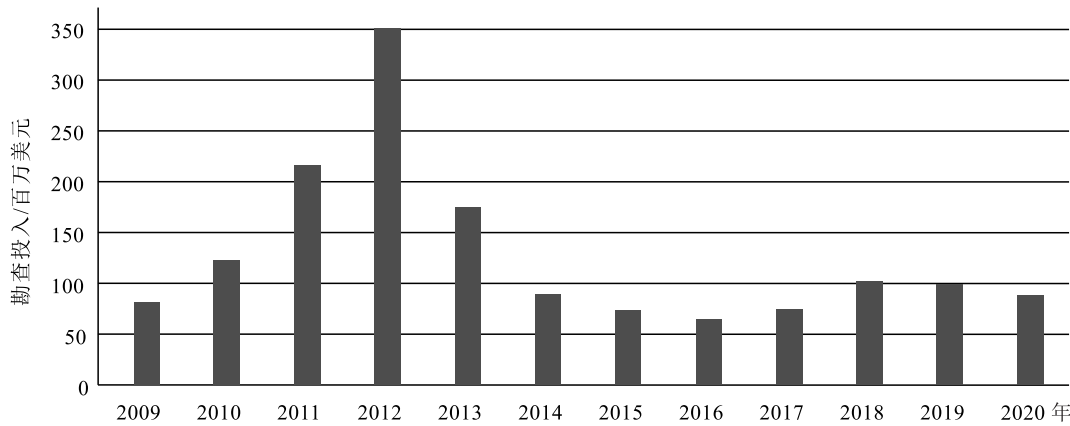


图 3 2010—2020 年加纳矿产资源勘查投入趋势(标普全球市场财智 SNL,2021)

Fig. 3 Investment trend of mineral resources exploration in Ghana from 2010 to 2020

表 2 加纳矿业项目及主要矿业公司(标普全球市场财智 SNL,2021)
Table 2 Mining projects and major mining companies in Ghana

矿种	已投产项目	在建项目	主要矿业公司
金	21	31	美国纽蒙特黄金公司、南非金田有限公司、南非安格鲁金田阿散蒂有限公司、加拿大金罗斯金矿公司、赤峰黄金、山东黄金
铝土	1	1	四川博赛矿业、加纳沃尔特铝业
锰	1		宁夏天元锰业
铁		1	加纳艾玛兰德资源有限公司
锂		1	澳大利亚大西洋锂业有限公司、美国皮德蒙特公司

金矿:由于西方国家进入加纳开展矿业活动较早,加纳黄金开采以美国、加拿大、澳大利亚、南非等外国公司为主(表 2)。自 2021 年,赤峰黄金收购加拿大金星资源公司,获得纳迪明金矿项目;山东黄金收购澳大利亚卡蒂诺资源公司,获得万萨金矿项目,中资企业在加纳金矿产业逐步占有一席之地。黄金产量方面,近 10a 加纳黄金产量比较稳定,年产量总体维持在 100 t 左右(图 4-a)。

铝土矿:阿瓦索(Awaso)铝土矿是加纳唯一的在产铝土矿。2009 年,四川博赛矿业收购力拓旗下加纳铝土矿公司 80% 股权,从而获得阿瓦索铝土矿 80% 股份(博赛集团,2023)。自博赛矿业收购以来,矿山产量逐步提高,2015 年以后年均产量接近 120×10^4 t(图 4-b)。

锰矿:恩苏塔(Nsuta)锰矿是加纳唯一的在产锰矿。2016 年,宁夏天元锰业全资收购联合矿业有限公司(CML 公司)所有股权和资产,从而获得恩苏塔锰矿 90% 股份(宁夏天元锰业,2023)。自 2016 年天元锰业完成收购以来,矿山产量大幅增长,2019 年锰矿产量超过 500×10^4 t,2020 年受新冠疫情影响产量有所下降(图 4-c)。

锂矿:伊沃亚(Ewoyaa)锂矿是加纳唯一报道的锂矿项目。2017 年,澳大利亚大西洋锂业有限公司利用航空物探方法发现,截至 2022 年 3 月已探明氧化锂资源量 37.9×10^4 t。2021 年 7 月,美国锂矿生产商皮德蒙特公司与大西洋锂业公司签署合作协议,投资 1.03 亿美元推动该锂矿项目建设投产。目前该项目正在勘查中。

3.3 矿产品出口

加纳矿产品出口以黄金为主,其次为锰、铝土矿等。据 Resourcetrade.Earth(2021)数据,以 2020

年为例,加纳矿产品出口总额为 65.22 亿美元,其中黄金出口额 59.34 亿美元,占总出口额的 91.0%;锰矿出口额 2.57 亿美元,占总出口额的 3.9%;铝土矿出口额 0.75 亿美元,占总出口额的 1.1%。

从出口量看,黄金出口自 2012 年以来总体保持在 90~150 t 之间,出口中国占比较低,不足 3%(图 5-a);铝土矿出口自 2013 年以来总体保持在 $90\times 10^4\sim 120\times 10^4$ t 之间,出口中国占比波动较大,2013 年以来平均约 1/2 的铝土矿出口至中国(图 5-b);锰矿出口自 2016 年以后出现大幅增长,2019 年达到最大出口量 560×10^4 t,出口中国占比在大多数年份维持在 80% 左右(图 5-c)。

4 结 论

(1)加纳位于西非克拉通东南部,跨越莱奥地盾和沃尔特盆地 2 个次级构造单元,经历了古元古代埃布尼造山运动,形成金、锰、铝土、金刚石等多种优势矿产资源。其中,金资源总量达 5188 t,铝土矿储量 4×10^8 t,锰矿石储量 4900×10^4 t,金刚石预测资源量 1×10^8 Ct,氧化锂资源量 37.9×10^4 t。此外还有丰富的石油、天然气等能源矿产和石灰石、红柱石、石英砂、高岭土等建材矿产。

(2)加纳主要属于莱奥地盾金、锰、铝土、金刚石Ⅲ成矿带,可进一步划分出 6 个Ⅳ级成矿带。其中,Ⅳ-1 克比-温内巴金、锂、金刚石成矿带是重要的金刚石产区,并具有良好的锂矿勘查前景;Ⅳ-2 阿散蒂金、锰、金刚石成矿带是最大的金成矿带,同时具有较好的锰矿潜力;Ⅳ-3 塞夫维金、铝土成矿带的金和铝土的资源潜力巨大,成矿带东缘的比比亚尼剪切带具有多个金矿远景区;Ⅳ-4 布伊金成矿

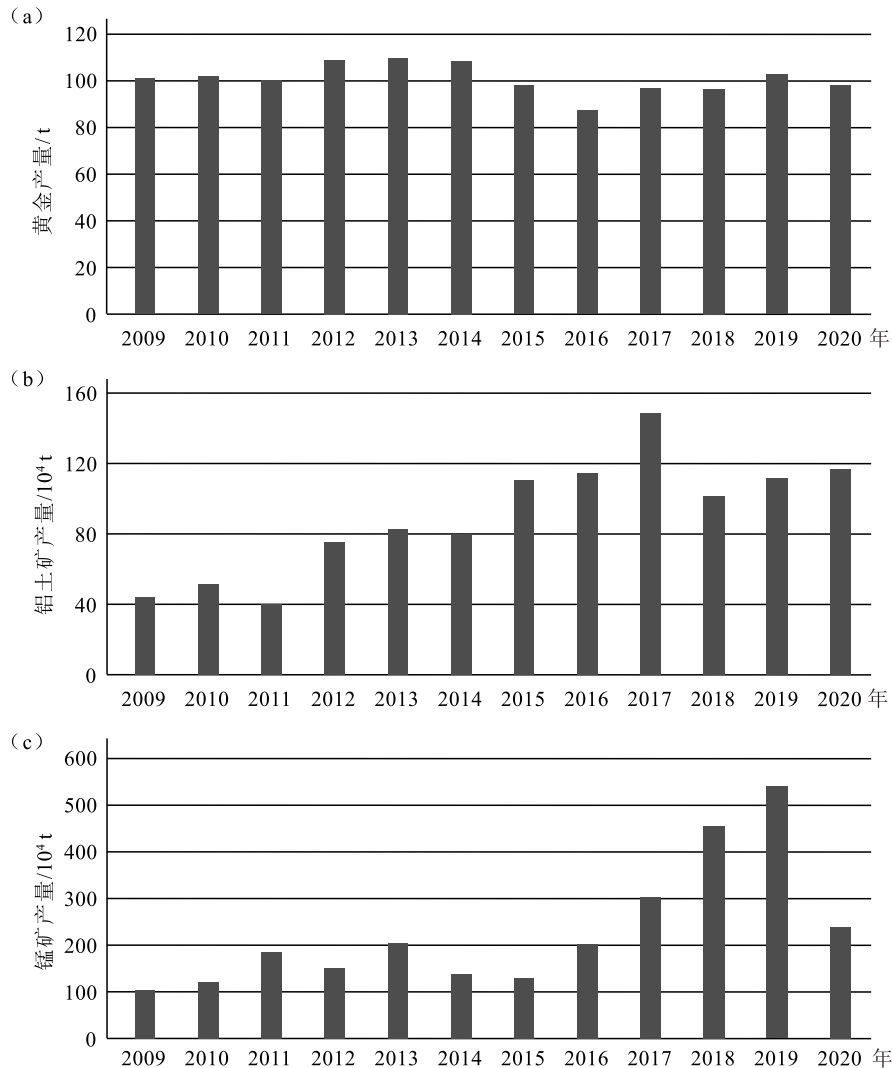


图4 2009—2020年加纳主要矿产品产量 (Ghana Chamber of Mines, 2021)

Fig. 4 Output of major mineral products in Ghana from 2009 to 2020

a—黄金;b—铝土矿;c—锰矿

带的勘查程度较低,塔克瓦群出露良好,具有古砾岩型金矿的找矿潜力;IV-5 博莱-兰沟蒂金、锰成矿带的勘查程度低,其北东和南西两端的上比利姆岩系出露区是金矿勘查的有利区,锰矿不具开采价值;IV-6 劳拉金、锰成矿带的金主要受控于花岗岩体中剪切带,具有一定的金、锰资源潜力。

(3)加纳矿产勘查主要聚焦于金矿,2018年以来逐年加大锂矿勘查投入。矿产开发主要集中在金矿,以西方公司为主,年产量约100 t,铝土和锰投产项目少,均由中资企业开发。加纳矿产品出口以黄金为主,2020年黄金出口额59.34亿美元,占总出口额的91.0%,铝土矿和锰矿出口额少,主要出口至

中国。

(4)金依然是加纳最值得投资的矿产资源,建议大型中资企业跟踪阿散蒂和塞夫维2个成矿带成熟金矿山流转情况,择机介入参与投资开发;小型勘查公司则应积极投入北部3个成矿带的金矿勘查工作,力求实现大型金矿的找矿突破。针对锰和铝土,建议中资企业加强对阿散蒂和塞夫维2个成矿带的投资部署,以矿产勘查和地学研究为抓手,总结成矿规律和找矿模式,指导已有矿区找矿突破和外围有利新区圈定。针对锂矿,建议聚焦下比利姆岩系Cape Coast型花岗岩中的伟晶岩调查。

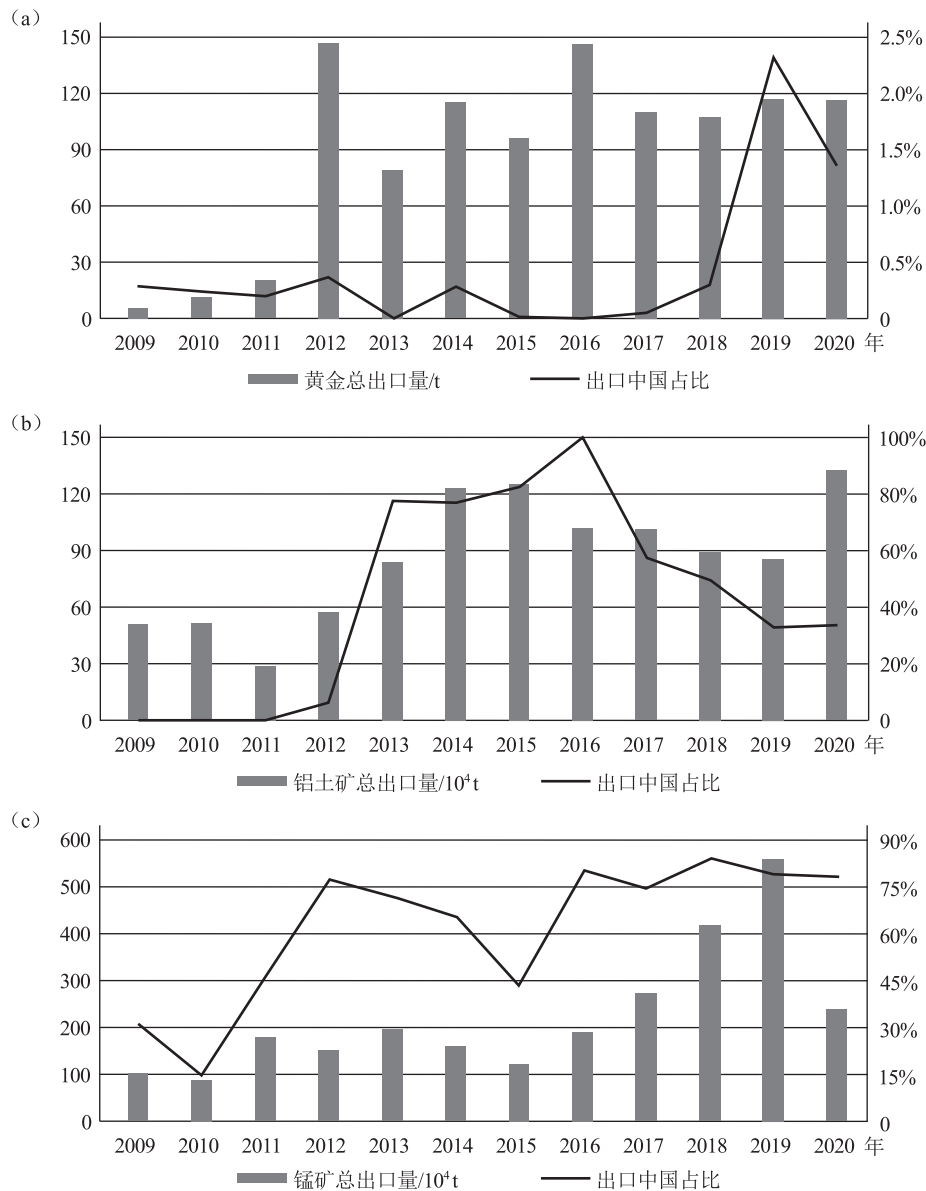


图 5 2009—2020 年加纳主要矿产品出口量 (ResourceTrade.Earth, 2021)

Fig. 5 Exports of major mineral products in Ghana from 2009 to 2020

a—黄金; b—铝土矿; c—锰矿

参考文献

- Berge J. Paleoproterozoic, turbidite-hosted, gold deposits of the Ashanti gold belt (Ghana, West Africa): Comparative analysis of turbidite-hosted gold deposits and an updated genetic model[J]. *Ore Geology Reviews*, 2011, 39: 91–100.
- Fougerouse D, Mickelthwaite S, Ulrich S, et al. Evidence for Two Stages of Mineralization in West Africa's Largest Gold Deposit; Obuasi, Ghana[J]. *Economic Geology*, 2017, 112: 3–22.
- Ghana Chamber of Mines. Ghana Chamber of Mines 2020 Report [EB/

OL]. (2021-12-28). [2023-06-20]. <http://ghanachamberofmines.org>, 2021.

- Goldfarb R J, Andre-Mayer A, Jowitt S M, et al. West Africa, The world's premier Paleoproterozoic gold province [J]. *Economic Geology*, 2017, 112: 123–143.
- Momade F W Y, Gawu S K Y. Geochemical and mineralogical characteristics of lithomargic clay types from Awaso bauxite deposit, Ghana: implications for possible industrial utilization [J]. *Journal of Science and Technology*, 2009, 29: 96–106.
- Nyame F K, Beukes N J, Kase K, et al. Compositional Variations in manganese carbonate micronodules from the Lower Proterozoic Nsuta

- deposit, Ghana, Product of authigenic precipitation or post-formational diagenesis? [J]. *Sediment Geology*, 2003, 154: 159–175.
- Perrouty S, Ailleres L, Jessell M W, et al. Revised Eburnean geodynamic evolution of the gold-rich southern Ashanti Belt, Ghana, with new field and geophysical evidence of pre-Tarkwaian deformations [J]. *Precambrian Research*, 2012, 204/205: 12–39.
- Perrouty S, Jessell M W, Bourassa Y, et al. Geological setting of the Wassa gold deposit, SW Ghana [J]. *Ore Geology Reviews*, 2016, 78: 687–691.
- Perrouty S, Lindsay M D, Jessell M W, et al. 3D Modeling of the Ashanti Belt, southwest Ghana: Evidence for a Litho-Stratigraphic control on gold occurrences within the Birimian Sefwi group [J]. *Ore Geology Reviews*, 2014, 63: 252–264.
- Pigois J, Groves D I, Fletcher I R, et al. Age constraints on Tarkwaian palaeoplacer and Lode-Gold Formation in the Tarkwa-Damang district, SW Ghana [J]. *Miner Deposita*, 2003, 38: 695–714.
- Resource trade. Earth Trade flows [EB/OL]. (2021-12-28). [2023-07-04]. <https://resourcetrade.earth>. 2021.
- Schlüter T. *Geological Atlas of Africa* [M]. Berlin: Springer, 2006.
- Taylor M, Trinder I. *Major Gold Deposits West Africa* [R]. Toronto: EXP resources Ltd., 1998.
- Tunks A J, Selley D, Rogers J R, et al. Vein Mineralization at the Damang Gold Mine, Ghana: Controls On Mineralization [J]. *Journal Structural Geology*, 2004, 26: 1257–1273.
- White A, Burgess R, Chamley N, et al. Constraints on the timing of late-Eburnean metamorphism, gold mineralisation and regional exhumation at Damang mine, Ghana [J]. *Precambrian research*, 2014, 243: 18–38.
- Wilde A, Otto A, McCracken S. Geology of the Goulamina Spodumene Pegmatite Field, Mali [J]. *Ore geology reviews*, 2021, 134: 104162.
- Wright J B, Hastings D A, Jones W B, et al. *Geology and mineral resources of West Africa* [M]. London: George Allen & Unwin, 1985.
- 博赛集团网站. 项目概况 [EB/OL]. (2023-01-12). [2023-06-25]. <http://www.cqbosai.com>. 2023.
- 标普全球市场财智 SNL. Exploration Budget Trends [EB/OL]. (2021-12-28). [2023-07-05]. <http://www.snl.com>. 2021.
- 程湘, 胡鹏, 张海坤, 等. 锰矿主要类型、分布特点及开发现状 [J]. *中国地质*, 2021, 48(1): 102–119.
- 秦术凯, 葛志超, 申欢华, 等. 加纳阿瓦索红土型铝土矿地质特征及成矿规律初探 [J]. *四川地质学报*, 2012, 32: 247–250.
- 秦术凯. 西非加纳阿瓦索红土型铝土矿矿床成矿条件和找矿潜力分析 [D]. 成都理工大学硕士学位论文. 2016.
- 宁夏天元锰业网站. 业务板块 [EB/OL]. (2023-01-12). [2023-06-16]. <http://www.tianyuanmengye.com>. 2023.
- 肖克炎, 邢树文, 丁建华, 等. 全国重要固体矿产重点成矿区带划分与资源潜力特征 [J]. *地质学报*, 2016, 90: 1269–1280.
- 张继纯, 王建雄, 严永祥. 非洲西非克拉通成矿区铝、铁等优势矿产成矿规律与资源潜力分析 [R]. 中国地质调查局武汉地质调查中心. 2013.
- 朱裕生, 王全明, 张晓华, 等. 中国成矿区带划分及有关问题 [J]. *地质与勘探*, 1999, 35(4): 1–4.
- 朱裕生, 肖克炎, 马玉波, 等. 中国成矿区带划分的历史与现状 [J]. *地质学刊*, 2013, 37: 349–357.
- 曹铁生, 周书昌, 徐怀峰, 等. 加纳 Amanforom 矿区 III 号隐伏金矿带的发现与评价 [J]. *矿产勘查*, 2020, 11: 1291–1297.
- 张海坤, 胡鹏, 姜军胜, 等. 世界铝土矿分布特点、主要类型与勘查开发现状 [J]. 2021, *中国地质*, 48(1): 1–21.
- 张继纯, 严永祥, 王建雄, 等. 西非矿产资源的地质背景及重要成矿分区 [J]. *华南地质与矿产*, 2019, 35: 76–89.