

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2019.03.012

巽他群岛主要成矿带及典型矿床地质特征

胡 鹏, 张海坤, 程 湘

HU Peng, ZHANG Hai-Kun, CHENG Xiang

(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), 武汉 430205)

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

摘要:巽他群岛大地构造位置位于欧亚板块、印度-澳大利亚板块与太平洋板块结合的部位, 板块间长期的相互作用引发多期次构造-岩浆事件, 在这一地区形成了丰富的矿产资源。根据矿床产出的大地构造背景、矿产种类、矿床类型、矿床规模、矿床组合等, 将巽他群岛划分为苏门达腊-爪哇成矿带、苏拉威西成矿带、东加里曼丹成矿带、南西加里曼丹成矿带、古晋成矿带、帝汶岛成矿带, 并对各成矿带的矿产概况、地质背景及某些典型矿床地质特征进行了总结, 认为在六大成矿带中, 苏门达腊-爪哇成矿带和苏拉威西成矿带研究程度最高、发现矿床最多、最具找矿前景。

关键词:成矿带; 地质特征; 矿床; 找矿前景; 巽他群岛

中图分类号: P617

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2019)03-0380-13

Hu P, Zhang H K and Cheng X. Geological Characteristics of Main Metallogenic Belts and Typical Deposits in Sunda Islands. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2019, 35(3):380–392.

Abstract: The Sunda Islands is located at the junction of Eurasian plate, Indian–Australian plate and Pacific plate. The long–term interaction between the plates triggers multiple tectonic–magmatic events, which forms abundant mineral resources in this area. According to the geotectonic background, mineral types, deposit types, deposit scale and deposit associations of the deposits, the Sunda Islands are divided into Sumatra–Java metallogenic belt, Sulawesi metallogenic belt, East Kalimantan metallogenic belt, South West Kalimantan metallogenic belt, Gujin gold metallogenic belt and Timor Island metallogenic belt. The mineral situation, geological background and some typical ore deposits of each metallogenic belt are also discussed. The geological characteristics of mineralization are summarized. It is considered that the Sumatra–Java metallogenic belt and Sulawesi metallogenic belt have the highest degree of research, the most ore deposits discovered and the most prospecting prospects among the six metallogenic belts.

Key words: metallogenic belt; geological characteristics; ore deposits; prospecting prospects; Sunda Islands

巽他群岛地理位置位于欧亚超大陆与澳洲次大陆之间、印度洋与太平洋之间, 是地球上最大的群岛, 也是现今地壳运动最活跃的地区之一, 由大巽他群岛(苏门答腊、爪哇、加里曼丹、苏拉威西岛及邻近小岛)和小巽他群岛[巴里、龙目(Lombok)、松巴哇(Sumbawa)、松巴、弗洛勒斯(Flores)、帝汶、阿洛(Alor)岛及邻近小岛]组成。其地理范围包括印度尼西亚、马来西亚、文莱、东帝汶及相邻海域, 总

收稿日期: 2018-12-14; 修回日期: 2019-2-24; 责任编辑: 董好刚

基金项目: 中国地质调查局项目“埃及及邻区矿产资源潜力评价”(121201009000172708, DD20160109)资助

第一作者: 胡鹏(1984—), 男, 高级工程师, 长期从事境外地质调查研究工作, E-mail: 157521303@qq.com

面积约 $140\times 10^4\text{ km}^2$ 。欧亚板块、印度-澳大利亚板块和太平洋板块在这里汇聚(图 1),不同方向的碰撞、俯冲、增生、拆离和再造作用,形成了多期次、多方向的沟-弧-盆体系及其改造形成的地体、断块构造,也造就了该地区非常丰富的矿产资源,其中,锡、铜、石油、天然气在世界上具有重要优势地位,金、镍、铝土矿等矿产亦占很重要位置。

目前,我国正在积极推动“一路一带”倡议,巽他群岛恰位于“海上丝绸之路经济带”中段。鉴于这

一地区的矿产资源潜力、有关国家日趋向好的矿业投资环境及靠近中国的区位优势,在我国“一路一带”倡议的引导下,未来会有更多矿企选择在巽他群岛开展矿产勘查及矿业投资活动。本文在综合前人资料的基础上,将巽他群岛划分为六大成矿带,系统总结了各成矿带的矿产概况、地质背景及成矿带某些典型矿床地质特征,以期为中国企业在巽他群岛的矿业活动提供参考。

1 区域地质背景

研究区主要出露中生代-第四纪地层,呈近东西向弧形展布(图 2)。老地层缺失较严重,只有少量元古宙、古生代地层零星出露。古生代和中生代地层岩性以海相碎屑岩为主。石炭纪-二叠纪的碳酸盐岩和古生物群落,具有特提斯洋的特色。新生代地层分布广泛,岩性、岩相复杂多样,以海相、海陆交互相碎屑沉积及火山碎屑沉积占主导^[4]。

研究区出露的岩浆岩主要形成于海西-印支期、燕山期和喜山期,酸性、中酸性(包括埃达克岩)、基性到超基性岩浆岩均有出露。酸性、中酸性

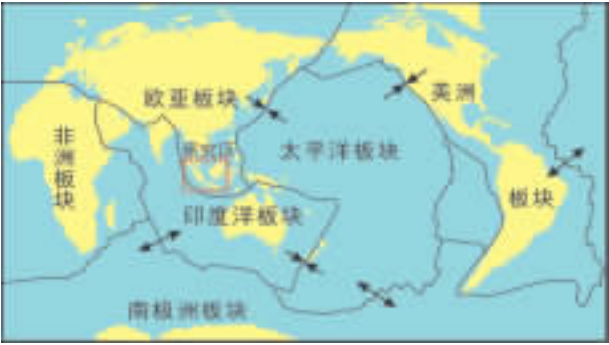


图1 巽他群岛大地构造位置
Fig. 1 Tectonic location of the Sunda Islands

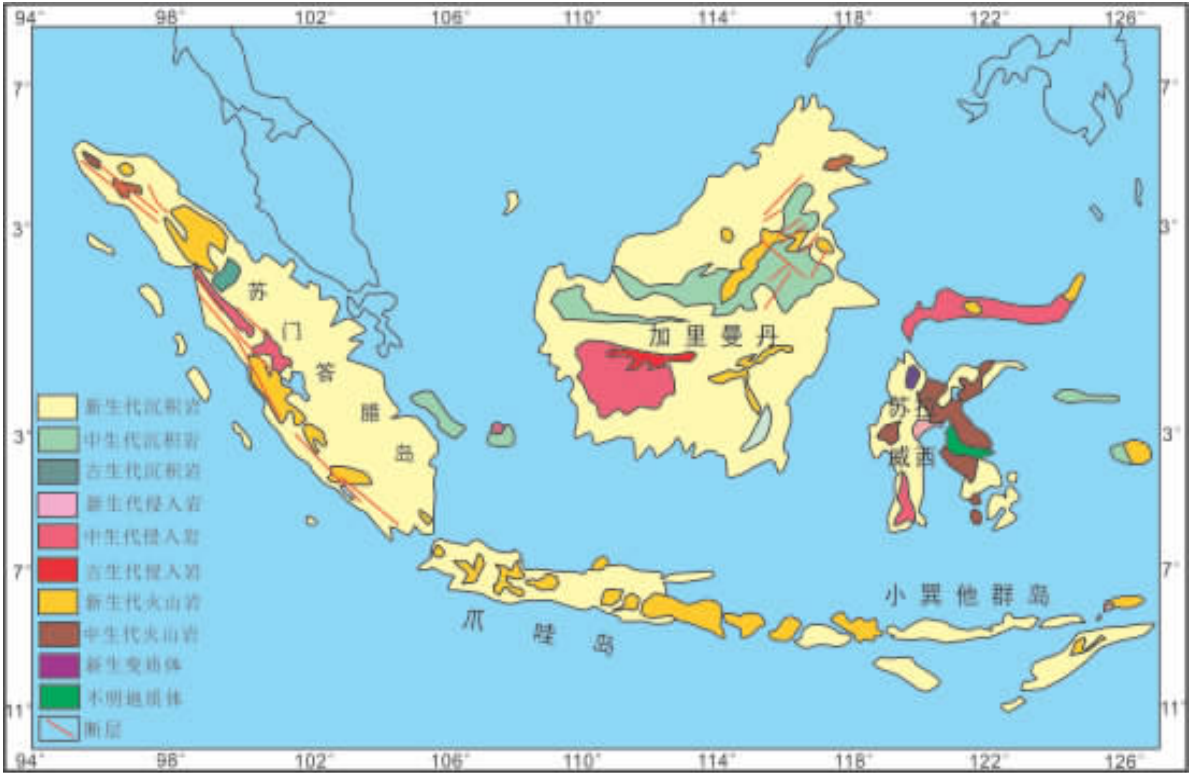


图2 巽他群岛地质简图
Fig. 2 Simplified Geological map of the Sunda Islands

岩主要分布于研究区西部;基性-超基性岩浆岩则主要出露于研究区东部、中部和西南部。此外,研究区的东部、中部和西南部还广泛分布有新生代喷发岩。

马来半岛到加里曼丹深成岩带的形成与晚三叠纪古特提斯洋的消减和闭合、陆-陆碰撞及地幔柱活动有关。超基性-基性岩和蛇绿岩套主要分布于东苏拉威西岛、加里曼丹岛和苏门答腊-爪哇岛等地,是欧亚板块、太平洋板块和印度-澳大利亚板块三者相互作用的结果。

变质岩主要为板岩、千枚岩、片岩、石英岩、片麻岩以及部分高压变质岩。如中苏拉威西岛“Pompango 杂岩”,出露超过 5 000 km²,主要岩性有千枚状大理岩、钙质千枚岩、石墨片岩和石英岩。南苏门答腊岛可见石炭纪-二叠纪的变质岩,主要有千枚岩、板岩、石英岩、片麻岩等。

高压变质岩分布在爪哇、苏拉威西和加里曼丹东南部的白垩纪增生杂岩里,见榴辉岩、石榴石-蓝闪石片岩、硬玉-石榴石-石英岩、石榴石麻粒岩等。为早白垩世(120 ~ 115 Ma)时一个冈瓦纳大陆碎块与巽他陆块边缘的碰撞事件所形成。

海西运动、印支-燕山运动和喜马拉雅运动均对研究区有影响。海西运动的影响较局限,印支-燕山期和喜马拉雅期构造运动影响显著,基本定格了区内构造、地层和岩石的整体格架,并控制了区内矿产的形成与展布特征。

2 主要成矿带

根据矿床产出的大地构造背景、矿产种类、矿床类型、矿床规模、矿床组合等,将巽他群岛划分为苏门达腊-爪哇成矿带、苏拉威西镍成矿带、东加里曼丹成矿带、南西加里曼丹成矿带、古晋成矿带、帝汶岛成矿带(图 3),成矿带中典型矿床的地质特征见表 1。

2.1 苏门达腊-爪哇成矿带

苏门达腊-爪哇成矿带属岛弧带,全长 2 750 km,宽约 200 km,总面积近 55×10⁴ km²。印度尼西亚岛弧近大陆一侧广泛发育古近纪和新近纪边缘海盆地,如安达曼海、爪哇海、班达海等。

苏门达腊-爪哇成矿带以铜、金矿为特色。铜矿主要有斑岩型铜(金)矿、矽卡岩型铜(铅锌)矿、火

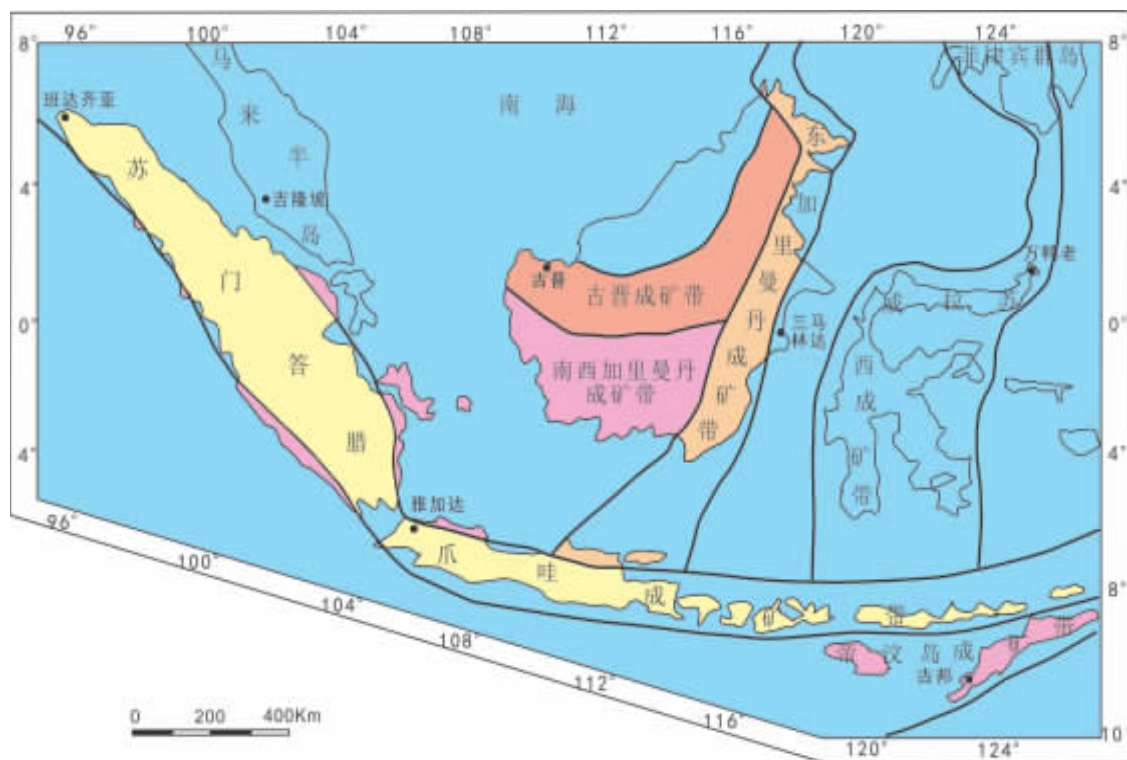


图3 巽他群岛成矿带划分图

Fig. 3 Major metallogenic belts of the Sunda Islands

表1 巽他群岛典型矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of the typical ore deposits in Sunda Islands

成矿带	典型矿床/矿田	矿床类型	大地构造背景	赋矿岩石	围岩蚀变	金属矿物	参考文献
苏门答腊-瓜哇成矿带	巴都希贾乌铜金矿床	斑岩型	俯冲带岛弧环境	英云闪长岩或石英闪长(斑)岩、英安斑岩	从内到外蚀变分带为钾化带-绢英带-泥化带-青盘岩带	黄铜矿、斑铜矿,少量辉铜矿、自然金、银金矿、辉钼矿等	[2-4]
	Lubuksulasih 大型铜锌矿床	矽卡岩型	俯冲带岛弧环境	新生代浅成闪长岩类与围岩接触带的钙硅酸盐矽卡岩	矽卡岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化等	磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、斑铜矿等	[5]
	Mangani 和 Lebung 金银矿矿田	浅成低温热液型	俯冲带岛弧环境	新生代中酸性岩浆岩(闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩和流纹岩、安山岩)岩株、岩筒破碎带	主要为青盘岩化,次为泥化和碳酸盐化,伴有黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化	磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、斑铜矿、黄铁矿等	[6]
	达伊里(Dairi)铅锌矿床	海底火山喷气沉积型	俯冲带岛弧环境	层纹状炭质页岩和含白云石粉砂岩	一般无交代、蚀变现象	闪锌矿-方铅矿-黄铁矿-黝铜矿/砷黝铜矿等	[7-8]
苏拉威西镍(金铜)成矿带	Gosowong 铜矿区	海底火山喷气型	俯冲带岛弧环境	层状含重晶石砂岩、粘土或粉砂岩	粘土-黄铁矿化	黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、铜蓝、蓝辉铜矿等	[9]
	托姆布利拉托金铜矿田	斑岩型	俯冲-岩浆弧复合带	新近纪中-晚中新世(3Ma)为主	多期蚀变围绕斑岩体呈环状或半环状发育,具有强烈的钾化蚀变,向外为青磐岩蚀变	黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、自然金、银金矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、黄铁矿	[10-11]
	马马拉钼铜矿床	斑岩型	大陆边缘岛弧环境	埃达克质斑岩	钾化、千枚岩化、硅化	黄铁矿、辉钼矿、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	[12]

续表 5

成矿带	典型矿床/矿田	矿床类型	大地构造背景	赋矿岩石	围岩蚀变	金属矿物	参考文献
苏拉威西镍(金铜)成矿带	Baganiti 金矿床	浅成低温热液型	俯冲-岩浆弧复合带	安山-英安质火山岩中的石英-方解石脉和石英-硫化物脉	青磐岩化、硅化、泥化、碳酸盐化	碲金矿、辉银矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、磁黄铁矿、石英、黄铁矿为主,偶见自然金	[13]
	梅塞尔金矿床	卡林型金矿	大洋岛弧环境	碳酸盐岩和碧玉岩	脱钙作用、白云石化作用和碧玉化作用	含金砷黄铁矿、雄黄、雌黄、辉铋矿、辰砂等	[14]
	科拉卡镍矿田	红土型	与俯冲体系有关的岩浆弧和俯冲混杂岩带	超铁镁质岩的风化产物-残积镍红土	红土化作用	褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、硅镁镍矿	[15]
	普劳塞布库矿床	红土型镍矿	俯冲带岛弧	-	-	针铁矿、赤铁矿、褐铁矿	[16]
古晋金铜成矿带	马穆特铜矿床	斑岩型	弧-陆碰撞带	石英二长斑岩、花岗闪长斑岩岩株与碎屑岩围岩的接触带	硅化、黑云母化、青磐岩化等	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、赤铁矿等	[17]
	柯莲金矿床	浅成低温热液	弧-陆碰撞带	古近纪始新世长英质凝灰岩、沉积岩,新近纪中新世安山岩、流纹岩、火山碎屑岩、长英质火山角砾岩和细粒花岗闪长岩-石英闪长岩、英安岩	青磐岩化、碳酸盐化	自然金、银、闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿等	[18-19]
	双溪林明锡矿田	砂卡岩型	弧-陆碰撞带	层状含锡砂卡岩	青磐岩化、绿泥石化	锡石、毒砂、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	[20]

山沉积喷气型和浅成低温热液型铜铅锌矿,拥有超大型铜矿床 2 个^[21](巴都希贾乌矿床、班达亚齐铜锌矿床)、大型铅锌(铜)矿床 3 个(达伊里铅锌矿床、S.Tuboh 铅锌矿床和 Lubuksulasih 铜锌矿床),中型铜(金、锌铅)矿床 3 个(唐塞斑岩型铜-钼矿床^[22]、Mudik 铜金矿床和 Gede Limbung 山铜锌铅矿床)。金矿床类型主要为浅成低温热液矿床和火山沉积喷气型矿床,其中大型矿床 3 个(Purnama 金矿床、塔利纳金-银矿床和古农蓬科尔金银矿床),中型矿床 6 个(Sengingi 矿床、Bengkulu 矿床、芝科托克矿床、Ciemas 矿床、韦塔岛矿床和 Woyla 矿床^[23])。小型矿床和矿点 73 个,共有矿床(点)63 个(表 2)。

西爪哇-弗洛勒斯岛金矿带的金矿和铜矿分别占印度尼西亚的 20%和 14%^[21],该岛弧带的一个重要控矿特征是发育大量低硫浅成脉状系统,有少量沉积型金矿产于 Cikotok 矿田和西爪哇。苏门答腊岛西部和西爪哇岛目前还没有发现斑岩型铜矿。

苏门达腊-爪哇成矿带东部的一个显著特征是出现巴都希贾乌斑岩型铜金矿床,见于 Lombok 和松巴。再向东,进入班达海岛弧褶皱带,主要由一些古近纪和新近纪及第四纪火山岛组成。班达弧的韦塔矿田(Lerokis, KaliKuning, Meron 等矿床)产于海相英安质和安山质砾岩中,为含金-银矿化的层状重晶石砂岩层,其矿床成因为火山喷气沉积型矿床,其矿化特征为金-银-重晶石+贱金属组合。

苏门达腊-爪哇成矿带分为苏门答腊段和爪哇段。两段虽然都处于同一板块汇聚边缘,但因基底

性质不同而有一定的差异。

苏门答腊段,岩浆弧叠置于巽他陆核之上,基底属硅铝质陆壳,为一北西向构造(褶皱)带。褶皱作用始于中生代,中中新世晚期-上新世时,形成巴里散山脉。其特色是沿整个山脉出现了一个连锁状的深切峡谷系,为苏门答腊断层系西段(亦称巴里散断层系)。苏门答腊断裂系北西-南东向延伸达 1 650 km,为一右行平移断裂带。苏门答腊位于活动大陆边缘,为自中生代早期以来的俯冲带。现今,大陆边缘之下的俯冲强烈倾斜,俯冲可分解成沿巽他深海沟的垂直俯冲和沿苏门答腊断裂系统的右旋走向滑动,有大约 150 km 的位移。西苏门答腊构造带在燕山运动形成雏形,伴有火山活动;喜山运动得以加强和定形,产生巨厚的新生代沉积和火山喷发活动。近代火山沿断裂带密集分布。矿床(点)多分布于苏门答腊断裂系的两侧。新生代变形叠加在基底构造和长期活动的大陆边缘地体之上。断层系的北西段有蛇绿岩大透镜体,与放射虫岩、含锰燧石及枕状熔岩伴生,为已解体的蛇绿岩套的一部份,代表中生代边缘盆地的残余或洋壳残余。

爪哇段基底主要是硅镁质的洋壳基底。年青的火山岩在平均成分上比苏门答腊火山岩更富含铁镁质。爪哇褶皱带构造线已从苏门答腊的 NW 向转至 EW 向,主要为轴向 EW 的复向斜和复背斜,为爪哇岛东延至努沙登加拉群岛的近东西向的火山岛链。由前中中新世岩层组成紧密褶皱,更晚的岩

表2 苏门达腊-爪哇岛弧各类矿床数量统计表

Table 2 Quantity statistics of different types of ore deposit in the Sumatra-Java island arc

矿床类型 \ 矿床规模	超大型	大型	中型	小型及以下	合计
斑岩型铜金(钼)	1	—	2	—	3
接触交代-矽卡岩型铜(锌)	1	1	—	5	7
浅成低温热液型金铜矿床	—	3	9	5	17
浅成低温热液(火山通道)型金矿床	—	—	1	2	3
低温热液铜铅锌(脉状)矿床	—	1	1	24	26
海底火山喷气沉积型铅锌(铜)矿床	—	1	—	—	1
海底火山喷气沉积型金银矿床	—	1	—	—	1
块状硫化物金银矿床		—	1	—	1
红土型镍矿床			1		1
成因类型未知矿床				3	3

层挤压变形稍差。此褶皱带形成于白垩纪末期,或古近纪早期,继续活动至今。其南侧为瓜哇海沟,为苏门答腊俯冲带东延部分。

苏门达腊-爪哇成矿带的酸性和中酸性花岗岩带沿苏门答腊岛呈北西-南东向断续分布,形成一条规模宏大的中生代至现代的岩浆-火山活动带。新生代俯冲形成了叠置于巽他陆核之上的西苏门答腊巴里散山脉岩浆弧(花岗岩及超基性岩侵入和火山喷发活动)。

苏门答腊岛岩浆侵入活动以中生代为主,多集中于巴里散山,强烈火山喷发活动发生在新生代,遍布全岛。岩浆活动可粗分为3期:晚三叠世、侏罗-白垩纪和新生代。苏门答腊岛的火山岩以晚白垩世至新近纪为主,沿巴里散断裂带分布。

苏门答腊断裂带花岗岩属钙碱性花岗岩,为与俯冲有关的I-型花岗岩,具火山弧(VAG)特征。岩浆来自上地幔,且伴有俯冲派生的混染作用。 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 和铷锶法测年表明苏门答腊岩浆作用断续发生在193~5.5 Ma(早侏罗世-新近纪晚中新世)。岛弧火山岩受贝尼奥夫带上升岩浆所经过的地壳类型所控制^[24]。

中新世后的岛弧型中酸性岩浆岩控制着铜-金矿床的分布。唐塞斑岩型铜钼矿产于石英闪长岩成份的多期斑岩岩筒中,斑岩侵入和矿化蚀变为13~19 Ma^[25]。巽他弧(从西爪哇至弗洛勒斯岛)主要岩石系列包括钙-碱性至橄榄玄粗岩系列。巴都希贾乌特大型斑岩型铜金矿产于云英闪长侵入杂岩、闪长岩和次火山岩中。高品位矿化与云英闪长岩株共生,普遍显示次生黑云母蚀变和石英-硫化物-磁铁矿脉。钾长石化向外渐变为强烈的青盘岩化。巽他弧含矿特色是产于中新世后的安山岩、英

安岩和流纹岩中的浅成脉状金银矿。

班达弧含矿性较差,岩石类型包括了拉斑玄武岩-橄榄粗玄武岩系列。岩石系列的主体部分为安山岩,而埃达克岩相当不发育。化学分析研究表明, K_2O 的含量从西向东减少。

安汶岛的基青石英安岩和花岗岩具高的Sr同位素比值,与大陆地壳部分熔融成因相符。

苏门达腊-爪哇成矿带的金属矿产出在苏门答腊-爪哇弧的弧间盆地,基底属硅铝质陆壳,出露地层有前石炭纪-石炭纪变质岩;石炭二叠纪碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩;三叠纪碎屑岩、碳酸盐岩;中侏罗世碎屑岩、凝灰岩;上侏罗-下白垩统碎屑岩、有时含礁灰岩;从古近纪上古新统以来大量发育安山-玄武岩、火山角砾岩、火山熔岩和凝灰岩,少量海陆交互含煤建造、复成分碎屑岩、灰岩。

2.2 苏拉威西镍成矿带

苏拉威西镍(金、铜)成矿带是西南太平洋成矿带的重要组成部分,包括苏拉威西岛,向北经桑义赫群岛、东棉兰老山脉,延至吕宋岛中科迪勒拉山脉。拥有超大型矿床1个、大型矿床5个、中型矿床5个、小型矿床和矿点18个,共有矿床(点)29个。以红土型镍矿为主,其次为斑岩型铜金(钼)矿和浅成低温热液型金矿,并发育少数黑矿型铜金矿。镍矿分布于东苏拉威西,铜金矿、金矿和钼矿分布于北苏拉威西、北西苏拉威西和东苏拉威西,铅锌矿分布于苏拉威西中部。苏拉威西成矿带各类矿床数量统计见表3。

苏拉威西成矿带在大地构造位置上隶属欧亚板块东南边缘与洋壳汇聚地带,属于菲律宾新生代俯冲-岩浆岩带的南带。新近纪早期,太平洋板块沿中棉兰老岛、桑义赫弧和苏拉威西岛向西俯冲,形

表3 苏拉威西镍成矿带各类矿床数量统计表

Table 3 Quantity statistics of different types of ore deposit in the Sulawesi Nickel metallogenic belt

矿床类型	矿床规模				
	超大型	大型	中型	小型及以下	合计
红土型镍矿床	1	2	1	5	9
斑岩型金矿床		1			1
浅成低温热液金矿床		1	3	10	14
斑岩型铜(钼)矿床		1	1	3	5
浅成低温热液型铜矿床	1		1	6	8
卡林型金矿床			1		1

成了一条近南北向的岩浆弧。中新世,新几内亚西北部的邦盖-苏拉地体沿苏拉-索龙左旋断层被拼贴到俯冲带,并与俯冲带西侧的岩浆弧碰撞,导致北苏拉威西岛发生顺时针转动成近 E-W 走向^[26]。桑义赫群岛为一火山链,而北苏拉威西岛则由典型的岛弧火山岩、侵入岩和沉积岩组成,铜-金矿化与石英闪长斑岩高位侵入有关。

东苏拉威西岛自西向东可分为几个大致平行的不对称弧形构造-岩浆岩带:最西侧的最老,以出现蓝闪石片岩和混杂岩为特征;向东是一条以沉积岩及低级变质沉积岩为主的不连续的带;再往东是一条蛇绿岩带夹少量沉积岩(灰岩、砂岩、页岩及泥灰岩等);最东边,即苏拉威西岛东支和东南支的东海岸,发育叠瓦状沉积岩。苏拉威西俯冲带发育一个外弧脊和岩浆内弧脊,前者组成了东苏拉威西铬、镍成矿带,后者构成了苏拉威西岛的北支和南支。

苏拉威西成矿带铜-钼矿化明显受埃达克质中酸性侵入岩控制,有关的矿床集中分布于北苏拉威西岛,其中马拉拉矿床的埃达克岩属于大陆板内拉张型埃达克质岩,东边米纳哈萨地区控矿岩石类型为大洋型(O 型)埃达克质岩。另外,中新世闪长岩和安山岩也是本矿带重要的控矿岩石类型,北苏拉威西岛中部 Gorontalo 和米纳哈萨半岛的金、铜矿床即产于安山岩中。

苏拉威西岛东部以新生代强烈的中基性岩浆喷发和大规模超基性-基性岩侵入为特征。超镁铁质岩多为块状橄榄岩(主要是方辉橄榄岩),伴有少量辉长岩或玄武岩,局部出现蛇纹石化带。超镁铁质岩石代表蛇绿岩的下部,与白垩纪、古近纪、新近纪的石灰岩呈断层接触,为东苏拉威西镍矿带的物质来源,代表性矿床包括索罗阿科镍矿和

帕马拉镍矿。

2.3 东加里曼丹成矿带

该带为一条巨大的复理石带,以镍矿为特色,其次是金(铜)矿。矿床类型主要为红土型镍矿床,斑岩型铜矿次之。

东加里曼丹成矿带大型红土型镍矿床有 3 个,包括库库桑矿床(金属量储量 112.0 万吨,品位 0.66 wt%)、普劳塞布库矿床(金属量储量 198.0 万吨,品位 0.66 wt%)和塔瓦伊矿床(金属量储量 90 万吨以上,品位 0.4 ~ 0.55 wt%),小型矿床(点)有 13 个。斑岩型铜金矿床大型 1 个,马穆特铜金矿(金属量储量:金 126.0 吨,品位 0.7×10^{-6} ;铜 30.0 吨,品位 0.7 wt%);中型矿床有 1 个,小型矿床(点)有 8 个。东加里曼丹成矿带各类矿床数量统计见表 4。

东加里曼丹成矿带北端沙巴地区北西向的沙巴构造带为新近纪中新世晚期活动的构造带,向南转为北东向的塞萨亚普-三马林达构造带。新近纪中新世晚期,太平洋板块沿这一线与欧亚板块汇聚和碰撞,形成东加里曼丹蛇绿岩带,基纳巴卢山-塞萨亚普-巴塔坎一线分布的侏罗纪-中中新世蛇绿岩套和超基性-基性岩即是该蛇绿岩带的组成部分,影响并控制着东加里曼丹成矿带镍、金矿的形成,其时代为喜马拉雅期^[27]。

该成矿带基底主要为侏罗纪-中中新世俯冲混杂岩,称古晋群,由硬砂岩、凝灰岩、泥质板岩、杂砂岩、灰岩、放射虫硅质岩和海底基性、超基性喷发岩组成,厚度大于 15 km,上覆有新近系上中新统-第四系更新统。

该带最重要的控岩控矿构造是北西向基纳巴卢断裂带,形成于中新世,为弧-陆碰撞俯冲作用的产物^[17,28-29],它控制了与铜金成矿作用有关的浅成

表4 东加里曼丹成矿带各类矿床数量统计表

Table 4 Quantity statistics of different types of ore deposit in the East Kalimantan metallogenic belt

矿床类型	矿床规模				
	超大型	大型	中型	小型及以下	合计
红土型镍矿床		3		13	16
斑岩型铜金矿床		1			1
斑岩型铜矿床			1	2	3
其他类型铜(铅)矿床				6	6
砂金矿床				1	1

中酸性钙碱性石英二长斑岩、花岗闪长斑岩岩株和微晶闪长岩岩墙的形成。

红土型镍矿主要分布于基纳巴卢山-塞萨亚普-巴塔坎一线,其母岩超镁铁质岩发育在岩浆弧和俯冲混杂岩带里,构造侵位时间为侏罗纪-新近纪中新世。发育的典型红土型镍矿剖面包括5个带,由上至下依次为:褐铁矿带、粘土带、残余土带、氧化母岩带、未风化母岩-橄榄岩(图4)。

2.4 南西加里曼丹成矿带

南西加里曼丹成矿带位于加里曼丹岛西南部,以铝土矿为特色。铝土矿床为红土型,有超大型矿床1个(西加里曼丹矿田,探明矿石量储量12亿吨, Al_2O_3 品位38~43 wt%)、中型矿床8个。

该成矿带的红土型铝土矿是东南亚地区铝土矿最主要产地,矿床规模大、矿石质量好。母岩较多样,多为富长石的中酸性-基性岩、长石砂岩、片麻岩等。红土型铝土矿的形成,与赤道及其附近的热带季风与雨林气候密切相关。此区域年均温度26℃左右,年降雨量1200~4000 mm,风化作用强烈。极其发育的微生物在分解母岩矿物和缓冲渗流地下水的pH值方面也起重要作用^[30]。风化作用主要为红土化作用,该过程需要几十万年~五百万年才能形成。氧化条件有利于铝土矿红土化进程,而微还原条件则会使形成红土化速率减慢很多。

加里曼丹岛西南部的超大型铝土矿带分布在沿海沼泽和洼地^[31],是由被切割、抬升的准平原经原地风化作用形成。矿体覆盖在凸形山丘上,顶部

铝土矿相对富集。该带自塔扬开始,平行于加里曼丹岛西海岸,向南南东方向延伸,越过近东西向的斯赫瓦纳山脉,至 Air Rupas,全长300 km,宽50~60 km(最宽处可达200 km)。矿田包括塔扬、潘达斯、蒙库帕色、西滂杜河、艾尔卢帕斯矿床和其它几个小矿床群,面积约200 km²。原岩为基性岩(包括辉长岩、二长辉长岩、橄榄辉长岩、苏长岩、辉长闪长岩、辉长粒玄岩)和中酸性岩(包括闪长岩、二长闪长岩、英云闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、石英二长岩、花岗岩、英云闪长岩)。火山岩和变沉积岩中铝土矿发育较差。塔扬地区钻孔揭露红土化深度可达15~30 m。

塔扬红土型超大型矿床是该带铝土矿的典型代表,单个矿体储量从0.125 Mt到22 Mt不等(原地干体重)。矿顶埋深0~2 m,底埋深2.5~7.0 m。矿石矿物主要有三水铝石,少量赤铁矿和针铁矿(两者比率变化范围为1.6~0.9)及无水软铝石,磁铁矿仅在一个矿体中发现。结核状三水铝石含 Al_2O_3 38.6 wt%、 SiO_2 3.0 wt%。成矿时代为古近纪始新世-第四纪。发育有典型的铝土矿剖面,从上至下依次为:

土壤层(覆盖层):厚0~2 m,最厚达5 m,土状,黄色、苍棕色到深红色和红棕色;主要由粘土矿物组成,局部略含较多砂质,上部腐殖质较多,下部三水铝石结核零星分布;无硬结层。

铝土矿层:呈层状、似层状、透镜状,厚0.5~7 m,平均厚3.6 m,局部厚达9 m,矿化较高的地段可划

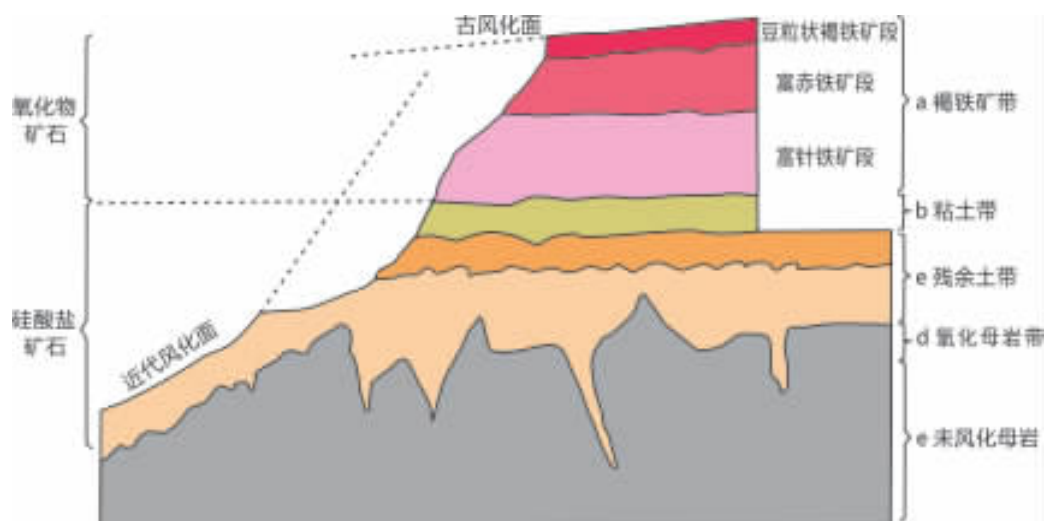


图4 红土型镍矿典型剖面

Fig. 4 Typical profile of the laterite nickel ore deposit

分出两个分带。

上部结核带:粘土中三水铝石结核含量约 20 ~ 40 wt%,大小为 0.3 ~ 10 cm。结核具有浅灰色、淡红色、砖红色或深棕色,其结构呈片状、葡萄状、圆筒状或不规则状。富矿通常具有圆形凸起的表面。

下部块矿带:由形状不规则的铝质红土砾石和块矿组成。红土具残余结构,如在酸性侵入岩里呈正长石斑晶的三水铝石假晶及基性母岩形成的红土中的铁锰矿物风化残余物。矿石矿物三水铝石,表现为结核状或豆状,其次为赤铁矿、针铁矿、锐钛矿等。含 Al₂O₃ 38.6 wt%、SiO₂ 3.0 wt%,铝硅比为 13。

腐泥土层:厚 0.5 ~ 21 m,塑性粘土,主要矿物为高岭土(48%),针铁矿(9%),石英(43%)。黄色至苍棕色。局部可缺失腐泥土带,红土和母岩之间的过渡带由“风化石”组成。风化石为具有局部风化的外壳层和新鲜母岩核心的球状砾石。

母岩:主要为三叠纪富含长石的中酸性-基性岩(主要岩性为石英二长岩,石英二长闪长岩,二长辉长岩等)和长石砂岩、片麻岩等。

2.5 古晋成矿带

古晋(金铜)成矿带位于加里曼丹岛中部,呈“J”形展布,为巽他陆核边缘被白垩纪花岗岩侵入的古生代-中生代沉积和火山岩组成的地体,是一条宽 150 km 的俯冲-岩浆带,由白垩-始新世陆棚沉积、浊积岩、蛇绿岩和混杂岩组成^[32]。该带发育一系列新生代盆地,岩浆岩呈向南突出的弧形分布,几乎所有的浅成低温热液金矿均产于该弧形岩浆岩带^[33-39],构成著名的加里曼丹黄金带。此黄金带由两条金矿带组成:西部巴乌-Pantianak 金矿带和东部 Muyup-Mirah 金矿带;东部 Muyup-Mirah 金矿带为浅成低温热液型金矿带,同时,也是一条具有很

大远景潜力的斑岩型铜金矿带^[40]。

古晋成矿带的最老地层为泥盆-二叠纪的海相碎屑岩。新生代岩浆活动可分为三期:第一期为古近纪始新世的酸性火山岩浆活动;第二期为晚渐新世-早中新世的安山质-流纹质钙碱性火山岩浆活动;第三期表现为新近纪上新世-第四纪更新世的玄武质岩浆活动。以第二期的岩浆活动规模和强度最大,与浅成低温热液型金矿关系密切^[21]。

古晋成矿带拥有大型矿床 2 个、中型矿床 3 个,小型矿床和矿点 24 个,共有铝土、锡、金、铜矿床(点)29 个。以铝土矿为特色,各类矿床数量统计见表 5。

2.6 帝汶岛成矿带

帝汶岛(铜、金)成矿带是印度尼西亚班达弧的一部分,为班达弧的外弧,由无火山的帝汶岛构造混杂岩-变质岩带(帝汶岛、塔宁巴岛)和科拉卡变质岩带(塞兰、布鲁和苏拉威西岛)组成^[41],为代表古近纪和新近纪的混杂堆积系统。目前为止,商业性的采矿活动尚未见报道,但已有的发现表明该带有形成可供规模开采的矿产资源的巨大潜力,如东帝汶的北部发现了与班达岛弧火山岩有关的金、银等矿化信息;岛弧火山岩浆活动有关的热液导致 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等浅成低温热液型矿化;蛇绿岩套发育 Mn、Ni、铂族元素(PGE)等矿化信息,还有块状硫化物矿化、含铜黄铁矿、金和银矿化、铅和锌矿化等;镍矿化主要表现为橄榄岩型红土风化剖面的二次富集。

资料表明,该成矿带矿产资源信息丰富,已发现的矿点多集中在帝汶岛,主要的矿化包括铬铁矿化、锰矿化、铜(金)矿化和金矿化。

铬铁矿矿化:主要分布在东帝汶包考省、马纳图

表5 古晋金成矿带矿床数量统计表
Table 5 Quantity statistics of different types of ore deposit in the Kuching gold metallogenic belt

矿床类型	矿床规模					合计
	超大型	大型	中型	小型及以下		
细脉状锡矿床		1	1	2(3)	4	
浅成低温热液金矿床		1	2	14	17	
斑岩型铜矿床				2	2	
浅成低温热液铜矿床				5	5	
与基性侵入岩有关的铜矿床				1	1	

注:括号内数字表示与砂锡矿在一起,未单独表示的矿床(点)。

托省和努法伊省。已报道的具有较大经济价值的矿化点位于马纳图托省 Hili Manu 区 Lacle 村 VeEda 自然村,矿化发育于灰绿色基性铁镁质蛇纹岩,呈带状展布,全长大于 3 km,NE-SW 向沿陡峭的山脉峰脊线延伸,2 个最好的矿化露头面积约 6 m × 6 m。铬铁矿呈豆荚状产出,Cr₂O₃ 含量为 36 ~ 51 wt%,具有较好的资源潜力^[42]。

锰矿化:已发现的锰矿化信息主要位于东帝汶包考省 Vemassee、Talamata、Venilale 等地区、维克克省 UatoCarbau 地区及马纳图托省,多为与页岩、灰岩有关的沉积型锰矿。已报道的一个矿化点位于包考省 Vemassee 地区的 Ladeia Betulale 村,见锰矿化体露头,呈层状,且层位稳定,总体走向 NEE,倾向 NNW,倾角 50 ~ 60°,控制走向延伸约 2.5 km,宽约 100 m,推测沿倾向延深超过 100 m。主要矿石矿物为软锰矿、硬锰矿、菱锰矿或其氧化产物。脉石矿物主要以方解石为代表的碳酸盐矿物为主。矿石品位较高,约 51.7 ~ 56.6 wt%。该锰矿化体为沉积成因,可能形成于更新世中晚期的陆棚—次深海相环境^[43]。

铜金矿化:该成矿带已发现铜的矿化信息均与蛇纹岩化基性—超基性岩有关。由于被全新世海洋沉积物所覆盖,其潜在矿产资源尚不明确。东帝汶 Virac 地区可见自然铜的矿化露头,推测可能与区内基性—超基性岩中条带状铁质充填物有关^[43]。东帝汶包考省 Ossuala 地区蛇纹岩的沉积夹层、东帝汶维克克省 Ossu 地区蛇纹岩体以及从 Ossu 地区到 Leca 地区溪流中的蛇纹岩均可见含黄铜矿的块状硫化物露头。这些含铜(金±银)矿化的硫化物可能与蛇纹石化基性—超基性岩石组合有关,暗示其下可能隐伏着更大的硫化物矿化体。此外,包考省 Vemassee 及 Virac 地区,也发现铜矿或铜(金)矿化迹象;Covalima(科瓦利马)省、马努法伊省、马纳图托省及劳滕省也见蛇绿岩,其中马努法伊省的蛇绿岩组合岩层发育黄铜矿矿化^[44]。上述地区发现的与蛇绿岩有关的铜(金±银)矿化作用,与世界著名的塞浦路斯火山型、与蛇绿岩套有关的铜(金+银)矿床^[45]十分相似。东帝汶有众多的蛇绿岩分布,因此这里具有寻找该类型矿床的良好前景。

金矿化:该成矿带的金矿化主要表现为脉状金矿化,包括石英脉、石英—方解石脉和方解石脉,赋矿岩石多为页岩或页岩—板岩。石英—方解石脉多赋存于(蚀变)辉绿岩与黑色页岩接触带,并发育浸染

状黄铜矿、黄铁矿及金矿化。东帝汶马努法伊省 Turiscail 地区 Daerah 村 2 个样品的金品位分别达到 107 μg/g 和 75 μg/g。矿脉下游的 Sue 河沿岸存在大型砂砾岩层,并且全新世砂砾层和古老砂砾层中发现大量金块及冲积型砂金^[46]。此外,该成矿带的蛇纹岩化基性—超基性岩中的块状硫化物也发育较明显的金矿化。如,东帝汶包考省 Ossuala 地区蛇纹岩夹有沉积夹层,夹层充填物中可见黄铜矿、黄铁矿等硫化物,且表现出一定的金(品位 3 μg/g)、银矿化(品位 170 μg/g)^[47];维克克省 Ossu 地区蛇纹岩体中同样可见富含金(品位 3 ~ 4 μg/g)和银(品位 70 μg/g)的黄铁矿和黄铜矿等硫化物。

3 结论

(1)巽他群岛大地构造位置独特,位于欧亚板块、印度—澳大利亚板块和太平洋板块的结合部位,板块间长期的相互作用导致多期次构造岩浆事件,形成了以铜、金、镍、铝土矿等为代表的丰富的矿产资源。

(2)根据矿床产出的大地构造背景、矿产种类、矿床类型、矿床规模、矿床组合等,将巽他群岛划分为六大成矿带,分别为苏拉威西成矿带、东加里曼丹成矿带、苏门达腊—爪哇成矿带、帝汶岛成矿带、古晋成矿带、南西加里曼丹成矿带。

(3)在六大成矿带中,苏门达腊—爪哇成矿带和苏拉威西成矿带研究程度最高、发现矿床最多、最具找矿前景。前者以铜、金矿为特色,主要发育斑岩型铜(金)矿床和浅成低温热液型铜铅锌矿床,后者包括丰富的镍(金、铜)资源,矿床类型以红土型镍矿为主,其次为斑岩型铜金(钼)矿和浅成低温热液型金矿。

参考文献:

- [1] 刘丽萍,苏新旭,梁富康.印度尼西亚煤炭资源概况[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2013,15(5):76-78+89.
- [2] Angel B M, Simpson S L, Jarolimek C V, Jung R, Waworuntu J, Batterham G. Trace metals associated with deep-sea tailings placement at the Batu Hijau copper-gold mine, Sumbawa, Indonesia [J]. Marine Pollution Bulletin, 2013, 73(1):306-313.
- [3] Meldrum S J, Aquino R S, Gonzales R I, Burke R J, Suyadi A, Irianto B, Clarke D S. The Batu Hijau porphyry copper-

- gold deposit deposit, Sumbawa Island, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1994, 50: 203–220.
- [4] Davidson P, Crawford A J. Coexisting melt and fluid inclusions at Batu Hijau: Evidence for primary magmatic aqueous fluids and their relationship to mineralisation [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2006, 70(18): A131
- [5] Sunarya Y. The strategy of mineral exploration in Indonesia toward the year 2000 and evaluation of the present geological knowledge of Indonesia [M]. Special Publication DMR, Indonesia, 1994.
- [6] McCarroll R J, Graham I T, Fountain R, Privat K, Woodhead J. The Ojolali region, Sumatra, Indonesia: Epithermal gold–silver mineralisation within the Sunda Arcsilver mineralisation within the Sunda Arc[J]. Gondwana Research, 2014, 26(1): 218–240.
- [7] 印度尼西亚CSIRO勘查与矿业部.印度尼西亚火山弧矿床成因及其伴生矿化带[R]. 2002.
- [8] Djaswadi S. Prospective of base metal minerals in Indonesia: Ministry of Mines and Energy of Republic of Indonesia [R]. Directorate of Mineral Resource Special Publication, Bandung, 1993, 229p.
- [9] Carlile J C, Davey G R, Kadir I, Langmead R P, Rafferty W J. Discovery and exploration of the Gosowong epithermal gold deposit, Halmahera, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1998, 60(3): 207–227.
- [10] Etrew R L. Porphyry copper–gold deposits of the southwest Pacific[J]. Mining Engineering,1995,47(1):33–38.
- [11] White N C, Leake M J, McCaughey S N, Parris B W. Epithermal gold deposits of the southwest Pacific [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1995,54: 87–136.
- [12] van Leeuwen T M, Taylor R, Coote A, Longstaffe F J. Porphyry molybdenum mineralization in a continental collision setting at Malala, northwest Sulawesi, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1994, 50 (1–3): 279–315.
- [13] Carlile J C, Digdowirogo S, Darius K. Geological setting, characteristics and regional exploration for gold in the volcanic arcs of North Sulawesi, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1990, 35(1–3): 105–140.
- [14] Turner S J, Flindell P A, Hendri D, Hardjana I, Lauricella P F, Lindsay R P, Marpaung B, White G P. Sediment–hosted gold mineralisation in the Ratatotok district, North Sulawesi, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1994, 50(1–3): 317–336.
- [15] 程立群, 刘剑波, 任学义, 吴国学. 印度尼西亚苏拉威西岛砾岩型红土镍矿床地质特征及成因 [J]. 世界地质, 2015, 34(1): 120–126.
- [16] Hutchison C S. Basement geology of the North Sepik region, Papua New Guinea [R]. Australian BMR Record 1975/162, 55 pp.
- [17] Imai A. Genesis of the Mamut porphyry copper deposit, Sabah, East Malaysia [J]. Resource Geology, 2000, 50(1): 1–3.
- [18] Viaene W, Suhanda T, Vandenberghe N, Sunarya Y, Ottenburgs R. Geochemical soil prospecting in Northwest Kalimantan, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration,1981, 15:453–470.
- [19] Simmons S F, Browne P R L. Mineralogic, alteration and fluid–inclusion studies of epithermal gold–bearing veins at the Mt. Muroprospect, Central Kalimantan (Borneo), Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1990, 35:63–103.
- [20] 广东省地质科学研究所.东南亚四国(马来西亚、新加坡、印度尼西亚、菲律宾)主要成矿区(带)地质矿产情报调研[R]. 1988.
- [21] 刘书生,杨永飞,郭林楠,聂飞,彭智敏,潘桂堂.东南亚大地构造特征与成矿作用[J].中国地质,2018,45(5):863–889.
- [22] 胡鹏,曹亮,Tampubolon Armin,张海坤,刘阿睢,程湘.印度尼西亚苏门答腊岛唐塞斑岩铜钼矿床成矿流体及成矿物质来源——来自氢、氧、硫和铅同位素证据[J].地质与勘探,2018,54(6):1202–1214.
- [23] 胡鹏,曹亮,Tampubolon Armin,张海坤,刘阿睢,程湘.印度尼西亚苏门答腊岛Woyla金矿流体包裹体研究及矿床成因分析[J].地质与勘探,2018,54(6):1215–1226.
- [24] Hamilton W. Tectonics of the Indonesian Regoin [R]. Geological Survey Professional Paper 1078, Washington, U.S government printing office, 1979:1–345.
- [25] Van Leeuwen T M. 25 years of mineral exploration and discovery in Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1994, 50(1–3):13–20.
- [26] Carlile J C, Kirkegaard A G. Porphyry copper gold deposits of the Tombulilato district, North Sulawesi, Indonesia: an extension of the Philippine porphyry copper gold province [M]. Asian Mining, Institute of Mining and Metallurgy, 1985:351–363.
- [27] 张文佑. 中国及临区陆海大地构造[M]. 北京:地质出版社,1986.
- [28] Kosaka H, Wakita K. Some geologic features of the Mamut porphyry copper deposit, Sabah, Malaysia [J]. Economic

- Geology, 1978, 73: 618–627.
- [29] Nagano K, Takenouchi S, Imai H, Shoji T. Fluid inclusions study in the Mamut porphyry copper deposit, Sabah, Malaysia [J]. Mining Geology, 1977, 27:201–212.
- [30] Grunsky E C, Smee B W. The differentiation of soil types and mineralization from multi–element geochemistry using multivariate methods and digital topography [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1999, 67:287–299.
- [31] Bardossy G, Aleva G J J (著). 1990. 顾皓民等(译). 红土型铝土矿[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.
- [32] Van Leeuwen T M, Leach T, Hawke A A, Hawke M M. The Kelian disseminated gold deposit, East Kalimantan, Indonesia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1990, 50:1–61.
- [33] Chung S K. Geology of the Kuching area west Sarawak. Kuala Lumpur [M]. Malaysia Ministry of Primary Industries, 1993:1–125.
- [34] 高光明, 杨牧, 汤超辉, 涂生发. 马来西亚沙捞越州什兰江斑岩金矿的发现及地质意义[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6):504–506.
- [35] 丁清峰, 孙丰月, 李碧乐. 东南亚北加里曼丹新生代碰撞造山带演化与成矿 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2004, 34(2):193–200.
- [36] 丁清峰. 南亚加里曼丹区域成矿作用及什兰江金矿床成矿条件研究[D]. 吉林大学硕士学位论文, 2002.
- [37] 赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 丁清峰, 吴尚昆. 马来西亚沙捞越邦达、什兰江控矿角砾岩筒构造对比研究及其找矿意义[J]. 世界地质, 2003, 22(4):366–372.
- [38] 赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 潘彤, 姚凤良. 马来西亚沙捞越西部Punda金铜矿床构造控矿作用及找矿意义[J]. 地质与勘探, 2004, 40(2):18–22.
- [39] 李碧乐, 李永胜, 王东, 丁清峰. 东南亚加里曼丹新生代金成矿作用及成矿动力学[J]. 世界地质, 2006, 25(2):131–134, 146.
- [40] Pollard P J, Taylor R G, Peters L. Ages of Intrusion, Alteration, and Mineralization at the Grasberg Cu–Au Deposit, Papua Indonesia [J]. Economic Geology, 2005, 100(5):1005–1020.
- [41] Vroon P Z. Subduction of continental Material in the Banda Arc, Eastern Indonesia [M]. Oost–Indonesia: Geologica Ultraiectina, 1992:1–205.
- [42] 杨献忠, 曾勇, 刘君安, 陈国光, 刘闯. 东帝汶国金属矿产资源潜力与矿业投资环境[J]. 地质通报, 2014, 33(2–3): 334–341.
- [43] Wittouck S F. Exploration of Portuguese Timor [R]. Report of Allied Mining Corporation to Asia Investment Co, Ltd., Amsterdam, 1937.
- [44] Hoen C W A P, Van Es L C J. The Exploration for minerals in the Island of Timor [J]. Jaarboek van het Mijnwezen, 1925, Verh(II): 1–80.
- [45] Cox D P, Singer D A. Mineral Deposit Models [J]. US Geological Survey Bulletin, 1986:1693.
- [46] Myra K, David W H. Deformation and exhumation in Timor: Distinct stages of a young orogeny[J]. Tectonophysics, 2010, 483: 93–111.
- [47] Bambang S. Minerals Potential of Timor–Leste [C].// Conference proceeding –International: Opportunities & Challenges for Oil and Gas and Mining Sector in Timor–Leste, Dili, 2003.