

南美地台地质构造演化与主要金属矿产成矿作用^{*}

董永观, 曾 勇, 姚春彦, 高卫华, 郭维民

(南京地质矿产研究所, 南京 210016)

摘要:南美地台区矿产资源丰富, 从太古代到新生代不同阶段的地质构造演化为其奠定了优越的成矿地质条件。地质构造演化与矿产资源的形成关系密切, 不同地质构造演化阶段形成不同的矿产资源。本文总结了南美地台的构造演化及其成矿作用, 指出不同阶段构造演化对区内成矿作用控制的不同特点, 总结区内主要矿产空间分布规律。

关键词:构造演化; 成矿作用; 南美地台

中图分类号: P618.2

文献标识码: A

南美地台区位于南美大陆中东部(包括巴西、圭亚那、法属圭亚那、苏里南、乌拉圭、巴拉圭、秘鲁、委内瑞拉、哥伦比亚、玻利维亚、阿根廷 11 个国家和地区), 面积约 1200 万 km²。从太古代到新生代, 经历了太古代捷奎叶—阿若斯构造旋回、早元古代外亚马孙构造旋回、中元古代埃斯皮那克构造旋回、新元古代巴西利亚构造旋回, 以及古生代和中生代裂谷、新生代南大西洋旋回^[1,2]。区内主要矿产资源与构造演化关系密切, 其中铁矿主要形成于太古代, 与捷奎叶—阿若斯构造旋回 BIF 有关^[3-9]; 铜、金矿主要形成于古元古代外亚马孙构造旋回, 少量发育在新元古代巴西利亚构造旋回和新生代南大西洋旋回^[10-14]; 蒸发岩和钾盐矿与中生代沉积盆地关系密切; 与金伯利岩有关的金刚石矿和与碱性杂岩有关的稀有、稀土矿床及磷矿与中生代冈瓦纳大陆裂解、地台进一步活化有关。南美地台矿产空间分布具明显规律性, 其中沉积变质铁矿主要分布在古老地盾区^[15-18], 密西西比河谷型和脉状铅锌矿床主要分布在南美地台东南部的帕纳依巴台盆地区和大西洋地盾区, 接触交代型(矽卡岩型)矿床主要分布在大西洋地盾区东北部的诺日德斯特造山带内的前寒武纪灰岩覆盖区, 红土型镍矿床主要分布在中巴西地盾南部和大西洋地盾内, 金刚石矿主要分布在地盾区,

部分分布在帕拉伊巴盆地内, 伟晶岩及其矿产主要产在大西洋地盾及其边缘以及中巴西地盾东南部的寒武纪变质岩中。

本文总结南美地台构造演化和成矿作用特征, 通过分析相关资料, 按矿产资源潜力评价相关要求, 将南美地台进一步划分 III 级成矿亚带和 IV 级成矿区。

1 地质特征

南美构造格局概略称为“三盾三盆”(图 1)。三盾指从北向南分布的三个古老的地质区: 最北部的圭亚那地盾, 中部的中巴西地盾和东部的大西洋地盾。这些地盾之上分布古老的陆核区和元古代造山带。陆核主要由结晶的高级变质岩(片麻岩、麻粒岩和紫苏花岗岩以及部分绿岩带等)组成, 分布于北部的圭亚那地盾的里约布朗库地区, 南东部大西洋地盾上的圣弗兰西斯科地区和中巴西地盾上的塔帕若斯地区, 约在 19~17 亿年期间固化。在地盾上还分布有元古代造山带, 包括中巴西地盾上的托坎廷斯造山带, 大西洋地盾上的博尔马造山带和曼蒂凯拉造山带。上述地盾区以 TTG 质岩石及围绕古老陆核的绿岩带组成。造山带在元古代产生持续的沉降活动, 到寒武-奥陶纪隆起为山系并固化, 产有现已

* 收稿日期: 2014-06-17 改回日期: 2014-09-03 责任编辑: 汪建宁

基金项目: 南美巨型成矿带重要矿床成矿背景、成矿作用与找矿潜力研究(项目编号: 1212011220909)项目资助。

第一作者简介: 董永观, 男, 1956 年出生, 研究员, 从事地质矿产研究。

变质的磨拉石堆积,火山—深成作用产物和伟晶岩建造。核和元古代造山带共同组成地盾,其上分布大量铁、锰、金、铜、铅、锌等矿产。

三个地盾之间发育三个沉积盆地,其性质属于古生代台向斜(亚马逊台向斜、帕纳伊巴台向斜和巴拉那台向斜)。冈瓦纳大陆裂解产生的沉降,形成巨厚沉积物,广泛分布玄武质岩浆。亚马逊台向斜是在早已固化的基底上沉积的,帕纳伊巴和巴拉那台向斜是叠加在基底构造之上并继承基底构造主要延展方向的盆地。志留—侏罗纪时,这些沉降盆地处于长期稳定状态。志留纪和泥盆纪主要为海相沉积,二叠纪以后转向以陆相沉积为主。在造陆阶段出现基性岩浆活动,在沉积盆地中分布古老的地盾和古生代台向斜共同组成南美地台。中新生代,由于拉张作用,围绕地台边缘形成一系列小型沉降盆地。这些盆地是南美地台的主要油气分布区,其中产有钾盐。侏罗纪末开始,南美地台东部产生一次新地质构造活动,以中生代活动最为强烈。帕纳伊巴和巴拉圭盆地重新沉降,老断层活化并产生新断裂。各断块之间产生较大的垂直位移,形成一系列小盆地。中生代普遍出现强烈的岩浆活动,出现大面积拉斑玄武岩和辉绿岩岩墙群,伴生碱性杂岩。

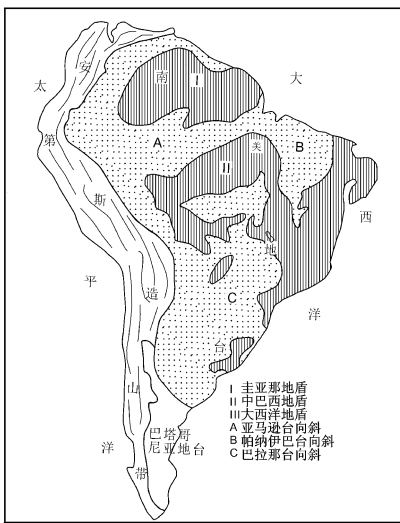


图 1 南美地台地质构造分区略图^[1]

Fig. 1 Tectonic zoning sketch of South America platform

2 构造演化

2600Ma 前(太古代)的捷奎叶—阿若斯构造旋回以向上拱曲运动为主;2600~1900Ma(早元古代)的外亚马孙构造旋回以褶皱运动为主;1900~1100Ma(中元古代)的埃斯皮那克构造旋回以褶皱运动为主,但部分地区已演化成地台;1100~570Ma

(晚元古代)为巴西利亚构造旋回,是一次规模最大的褶皱运动,不但使本旋回沉积物成为褶皱系,且改造了以前各旋回地质体,使其构造线近于平行,整个地台完全固结并连成一片,即巴西地质文献中著名的“巴西褶皱”。古生代时,海陆相并存,某些地区出现裂谷,中生代进一步发育成大陆裂谷。新生代(南大西洋旋回)除继续沉积陆相碎屑岩外,由于热带的潮湿气候发生红土化作用,从侏罗纪末期开始,南美地台特别是地台东部产生一次以中生代活动最为强烈的新地质构造活动,主要集中在基底固化最晚的地区。帕纳伊巴和巴拉圭盆地重新沉降,前寒武纪断层重新活动产生新的断裂。各断块之间产生较大垂直位移,在下移的块段上产生一系列小沉积盆地,个别盆地中出现海相沉积。此时普遍出现了强烈的岩浆活动,盆地中出现大面积拉斑玄武岩的裂隙,在已固化的地区内产生辉绿岩岩墙群。与裂隙活动相伴生,区内出现一些以暗色和深暗色碱性杂岩体为主的喷发中心。

南美地台最古老的岩石出露在委内瑞拉境内,由深变质的片麻岩、麻粒岩和紫苏花岗岩组成,年龄 36~35 亿年^[19-22];中巴西地盾上的戈亚斯杂岩经受 29 亿年和 26 亿年两次构造热事件,是地盾最老的基性地壳;下元古界由变质的沉积岩和基性火山岩构成,以中巴西地盾的含铁岩系米纳斯超群为代表;中元古界由陆相和海相碎屑岩及酸性—中性火山岩、火山碎屑岩组成,不整合在结晶基底之上,年龄为 15.99~13 亿年;上元古界以圣弗朗西斯科地盾发育最好,分上下两部分,下部为砂泥质碎屑和碳酸盐沉积,年龄为 10~9.5 亿之间;上部底部为冰成砾岩,往上是滨海相沉积和含叠层石的碳酸盐岩和泥质岩,年龄为 6.8~6.1 亿年。南美地台侧翼均被晚前寒武纪—古生代的变质岩和侵入岩形成的造山带围绕,年龄为 7~5 亿年,是泛美事件的产物。

奥陶纪—志留纪,古陆内形成一系列沉降盆地,这些盆地处于长期沉降并沉积巨厚的沉积物,大范围玄武岩喷发形成克拉通内盆地。侏罗纪至白垩纪形成狭窄的裂谷盆地,随大西洋海底沉积盆地沿南美洲大陆边缘扩张,沉积盆地环境对海相蒸发岩、碳酸岩、自然硫、石灰岩、煤、粘土矿床的形成和主要石油天然气的聚集提供有利条件。中生代蒸发岩序列与沿南美地台海岸的大西洋最初开启有关,形成盆地,充填陆相沉积物。中新生代时在地台边缘又形成了小型沉降盆地。

从志留系开始至石炭—二叠系是具冈瓦纳植物群的陆相地层和含澳大利亚宽铰蛤属的海相夹层,

缺失早、中三叠世沉积。

南美地台以前寒武纪和中、新生代岩浆活动最为强烈。太古宙岩浆活动有两种类型,一类为花岗片麻岩、紫苏花岗岩等,构成克拉通基底;另一类为侵入太古界、年龄为29亿年左右的花岗岩、花岗闪长岩和英云闪长岩等。早元古代侵入活动除超镁铁质岩、镁铁质岩与沉积岩构成绿岩带外,后期(22~18亿年)有大量花岗闪长岩、英云闪长岩、石英二长岩和花岗岩侵入。中元古代是岩浆活动期次最频繁、种类最复杂的时期,除大量酸性—中性火山岩喷发外,还有奥长环斑型碱性岩侵入,其后还有15.9~14.9亿年的花岗岩、石英二长岩、花岗闪长岩和英云闪长岩等岩体的侵入。晚元古代的巴西利亚事件以强烈褶皱为主,有同褶皱期的花岗岩和酸性、基性岩脉或岩墙侵入。古生代仅奥陶纪和泥盆纪有花岗质岩浆活动,中生代是岩浆活动的活跃期,南美地台的大西洋边缘有碱性岩、超镁铁质碱性岩、碳酸盐岩和金伯利岩,早白垩世有大量的高原玄武岩喷溢,部分地区还有基性岩墙或岩床侵入,侏罗—白垩纪有钙碱性岩侵入,晚白垩纪有玄武岩—安山岩的喷溢。

3 矿产分布

南美地台区蕴藏丰富的矿产资源,最有价值的矿种是铁、锰、金、有色金属(铜、铅、锌)、铬、镍、锡、铌钽、宝石、铀、滑石、菱镁矿和石灰岩等。其中已探明的铁、锰矿蕴藏量巨大,稀有金属铌、钽、铍均居世界之首。空间上南美地台矿床分布规律性较明显(图2,图3),沉积变质型铁矿主要分布在三个地盾区,其中圭亚那地盾南侧分布Vila Novo铁矿床、北侧分布Cerro Bollver铁矿床,中巴西地盾区主要Carajas铁矿,大西洋地盾分布有著名的铁四边铁矿(图2A)。密西西比河谷型和脉状铅锌矿床主要分布在南美地台东南部的帕纳依巴台盆地区和大西洋地盾区^[23],前者主要为密西西比河谷型铅型矿床,后者主要为脉状铅锌矿床(图2C)。伟晶岩及其矿产主要产在大西洋地盾及其边缘以及中巴西地盾的东南部的早寒武纪变质岩中。与伟晶岩有关的矿产主要为伟晶岩型铍矿和伟晶岩型白云母矿以及石英矿^[24](图2B)。接触交代型(矽卡岩型)矿床主要分布在大西洋地盾区东北部的诺日德斯特造山带内前寒武纪灰岩覆盖区,与8~6亿年的岩浆活动有关,主要有矽卡岩型铜矿、铅锌矿、铁矿、钼矿和钨矿(图2C)。

在晚侏罗世和早白垩世时期出现广泛拉斑玄武岩火山活动,其喷出物覆盖了巴拉那盆地,在盆地边

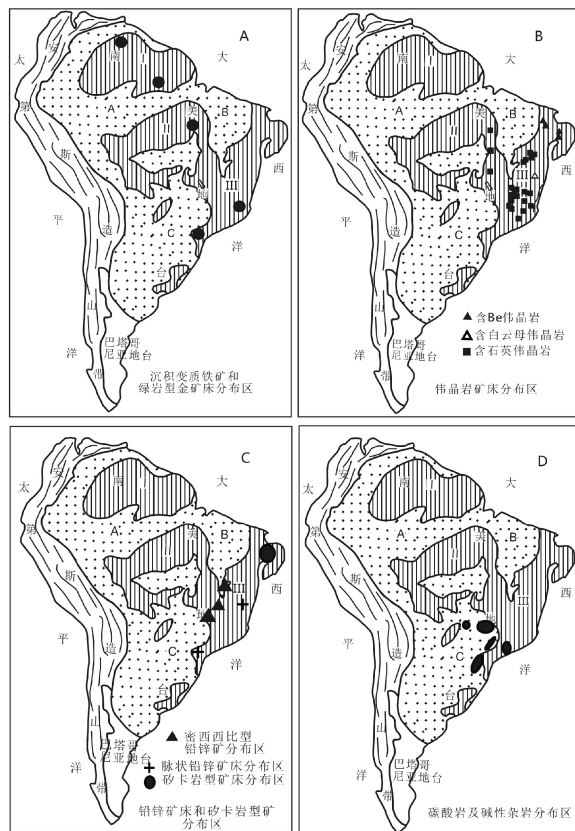


图2 南美地台主要矿床分布图(图例同图1)

Fig. 2 Distribution of main ore deposits in South America platform

A-沉积变质型铁矿、绿岩型金矿;B-伟晶岩性矿床;C-铅锌矿床;D-碱性岩

缘伴有大量辉绿岩墙出现,在巴拉那盆地边缘和东玻利维亚亚马孙克拉通内部,开始了第一期伴随玄武岩的碱性火山活动,晚白垩纪为第二期碱性火山活动,新生代的活化为第三阶段碱性岩浆活动。(1)碱性岩分布在巴拉那盆地和桑托斯盆地边缘;(2)碱性岩浆作用与大西洋裂开前原始大陆板块破裂的时间一致,板块构造运动过程与碱性岩浆作用的关系明显;(3)巴拉那盆地边缘具长期穹窿构造,在中生代被活化;(4)在巴拉那盆地边缘的镁铁质到超镁铁质的碱性岩区域内,常有碳酸岩共生,已发现与此有关的具有较高商业价值的矿床(图2D)。

金刚石矿主要分布在地盾区,部分分布在帕拉伊巴盆地内。金刚石的矿化建造在空间和成因上与古老地台的构造演化有关。研究古老陆缘层中金刚石中的矿物包裹体证明,显生宙的金刚石与金伯利岩有关(图3E)。红土型镍矿床分布在中巴西地盾的南部和大西洋地盾内,形成与基性—超基性岩关系密切,与南美地台区特殊的气候环境有关。大量

的降雨,温暖的气温有利于基性—超基性岩是的风化淋滤(图 3F)。

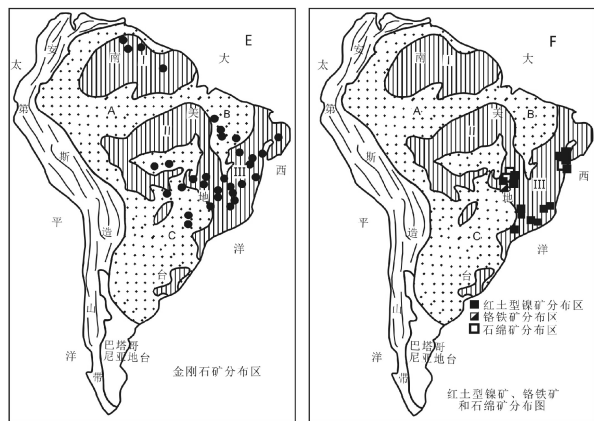


图 3 南美地台金刚石矿和红土型镍矿分布图(图例同图 1)

Fig. 3 Distribution of diamonds deposits and laterite nickel deposits in South America platform

4 不同构造旋回的成矿作用

4.1 太古代捷奎叶—阿若斯构造旋回

南美地台最早陆核生长期在 3.4~3.7 Ga,主要克拉通主体约形成于 2.6Ga 左右,称为捷奎叶—阿若斯构造旋回。早太古代(3.4~3.7 Ga)圭亚那地盾伊玛塔卡 BIF 铁建造,以苏必利尔型铁矿为主、次为阿尔戈马型铁矿。晚太古代(2.8~2.5 Ga)中巴西地盾卡拉加斯 BIF 铁建造,兼有苏必利尔型铁矿和阿尔戈马型铁矿的特点,有 IOCG 和(U-REE)矿床,大西洋地盾以阿尔戈马型为主的铁四角 BIF 铁—锰(金)建造为主。

4.2 古元古代(2.5~1.8Ga) Trans-Amazonian 旋回

南美地台区主要的克拉通陆核形成后进入古元古代旋回,以褶皱运动为特征。该时期形成大量绿岩型和岩浆岩型金矿床。其中著名的金矿区有:中巴西地盾卡拉加斯、塔帕若斯和阿尔塔弗老莱斯塔等地区的绿岩型、花岗质钙碱性 I 型侵入岩型金矿(1.9~1.8 Ga);大西洋地盾伊塔皮库鲁(2.1~2.0 Ga)、法曾达巴西雷诺和玛利亚普来塔以及铁四角地区绿岩型金矿以及与基性—超基性岩有关的 Cu-Cr 矿床。

4.3 中元古代(1.9~1.0Ga)埃斯皮纳克旋回

该旋回克拉通内部发生裂谷,发育陆相火山岩、非造山花岗岩侵入岩和碎屑沉积盖层。与该旋回有关的矿床主要为与非造山花岗岩有关的锡(钨)矿以及含金刚石砾岩矿。区内与该旋回锡(钨)矿有关的非

造山花岗岩有卡拉加斯—穆萨型花岗岩(1.88Ga)、皮庭加型花岗岩(1.8Ga)、苏鲁库库斯型花岗岩(1.5 Ga)、绍劳任科卡里普纳斯型花岗岩(1.3Ga)、朗多尼亚型花岗岩(1.3~0.95 Ga)、帕拉纳花岗岩(1.75 Ga)和托坎廷斯花岗岩等(1.59 Ga)。区内该旋回含金刚石砾岩为圭亚那地盾罗赖马超群和大西洋地盾 Espinhaco 超群(1.7~1.8Ga)。

4.4 新元古代巴西利亚旋回(1100~570Ma)

该构造旋回是一次规模最大的褶皱运动,使南美地台区构造线近于平行。该构造旋回期间成矿种类多,空间上呈带状分布,较著名的成矿带有巴西利亚成矿亚带、阿拉苏阿伊成矿亚带、里贝朗成矿亚带、南里约格朗德成矿亚带、巴拉圭成矿亚带、塞里多成矿亚带和委内瑞拉金刚石成矿亚带等。

4.5 古生代发育克拉通内部的裂陷盆地

该时期在巴拉那、帕拉伊巴和亚马逊三个泥盆纪沉积盆地内均形成鲕粒铁矿石,石炭—二叠纪在亚马逊盆地内形成蒸发岩(钾盐矿)。

4.6 中生代南美地台活化(80~90Ma)

该时期南美地台区进一步发育成大陆裂谷,裂谷内主要为陆相碎屑沉积和碱性岩。此时出现的碳酸岩和碱性岩组合,是南美地台重要的稀有金属矿产,也是金刚石矿(砂矿)、磷矿、钾盐的主要成矿时期。区内该时期的矿产有含金刚石金伯利岩、P、Nb、Ti、Ni、U、萤石矿。白垩纪在巴拉那盆地南部和乌拉圭一带,形成与玄武质火山岩有关的玛瑙、紫水晶宝石,如 Santa Catarina 萤石矿床。在巴西东南部 Anitapolis 和 Jacupiranga 碱性碳酸杂岩体的磷矿床以及巴西东南部沿岸蒸发岩层中钾盐矿。

4.7 新生代热带红土风化作用

南美地台特殊的气候在地台区形成广泛的红土型铝土矿、高岭土、镍矿以及铁、金、钛、铌等矿产,还形成规模较大的锡、金、金刚石以及钛铁矿、金红石、锆石、独居石砂矿矿床。

5 成矿区带划分

南美地台可划分为 6 个二级成矿区,即西北部圭亚那地盾成矿亚区、中巴西地盾成矿亚区、大西洋地盾成矿亚区、亚马逊盆地成矿亚区、帕纳伊巴盆地成矿亚区和巴拉那盆地成矿亚区。按矿产资源潜力评价相关要求,在系统分析研究前人资料的基础上,划分了南美地台的 III 级成矿带和 IV 级成矿区带(图 4,表 1)。

表1 南美地台区Ⅲ级和Ⅳ级成矿区带划分表
Table 1 Ⅲ and IV metallogenic zonations of South America platform

Ⅱ级带		Ⅲ级成矿亚带		Ⅳ级成矿区		
名称	编号	成矿亚带名称	编号	成矿区带名称		
圭亚那地盾成矿区(Ⅱ)	1.1	西 GUYANA 成矿亚带	1.1.1	哥伦比亚东部金成矿区		
			1.1.2	Seis Lagos(Nb REE Th) 成矿区		
			1.1.3	瓜尔帕萨(Al) 成矿区		
			1.1.4	Quebrada Grande (NbTh REE) 成矿区		
			1.1.5	委内瑞拉南部金成矿区		
	1.2	北 GYUANA 成矿亚带	1.2.1	伊玛塔卡(Fe Mn) 成矿区		
			1.2.2	委内瑞拉东南(金金刚石)成矿区		
			1.2.3	Pastora-Barama-Mazaruni (Au) 成矿区		
			1.2.4	圭亚那北部沿海(Au Al) 成矿区		
	1.3	UAIMIRI 成矿亚带	1.3.1	Seis Lagos(Nb REE Th) 成矿区(南部)		
	1.4	中南 GUYANA 成矿亚带	1.3.2	皮坦加(Sn) 成矿区		
			1.4.1	GUYANA 南部(Au 金刚石)成矿区		
	1.5	东 GUYANA 成矿亚带	1.4.2	帕拉州北部(Al) 成矿区		
			1.5.1	Vila Nova(Au Mn Cr) 成矿区		
				1.5.2	Paramaka(Mn Au) 成矿区	
中巴西地盾成矿区(Ⅱ)	2.1	BACAJA 成矿亚带	2.1.1	帕拉格米纳斯(Al) 成矿区		
	2.2	CARAJAS 成矿亚带	2.1.2	BACAJA 成矿区		
			2.2.1	卡拉加斯(Fe Mn Cu Au Sn) 成矿区		
	2.3	AMAZONIA CENTRAL 成矿亚带	2.2.2	兴谷(Cu Au) 成矿区		
			2.3.1	TAPAJAS(Cu Au) 成矿区		
			2.3.2	塔帕若斯-帕拉(Au Sn) 成矿区		
	2.4	RONDONIA-JURUERA 成矿亚带	2.3.3	AZEVEDO(Au Sn) 成矿区		
			2.4.1	Alta Floresta (Au) 成矿区		
			2.4.2	JURUENA(Sn Au) 成矿区		
			2.4.3	朗多尼亚东部(Sn Au) 成矿区		
	2.5	SUNSAS 成矿亚带	2.4.4	朗多尼亚西部(Sn Au) 成矿区		
			2.5.1	Alto Guapore (Au Cu) 成矿区		
	2.6	PARECIS 成矿亚带	2.5.2	穆通乌鲁库姆(Fe Mn) 成矿区		
			2.6.1	Alto Guapore 东部(Au Cu) 成矿区		
			2.6.2	PARECIS 盆地西部成矿区		
			2.6.3	PARECIS 盆地东部成矿区		
				2.6.4	马托格罗索(金刚石)成矿区	
	大西洋地盾成矿区(Ⅱ)	3.1	西 TOCANTINS 成矿亚带	3.1.1	西 TOCANTINS 盆地(CuNi)成矿区	
3.1.2				西 TOCANTINS 盆缘(Fe Mn Cu Au) 成矿区		
3.2		东 TOCANTINS 成矿亚带	3.2.1	TOCANTINS 中部(Fe Mn Cu Au) 成矿区		
			3.2.2	尼克兰迪亚-上巴鲁(Ni)成矿区		
			3.2.3	卡塔劳-阿拉沙-塔皮拉(P Nb Ti)成矿区		
			3.2.4	巴西利亚周边(CuNi)成矿区		
			3.2.5	里约东北(Fe Mn Cu Au) 成矿区		
3.3		MANTIQUEIRA 成矿亚带	3.3.1	东南沿海(Li Be Sn) 成矿区		
			3.3.2	巴西东南部伟晶岩(Li Be Sn) 成矿区		
			3.3.3	圣保罗-里约沿海(Fe MnCu Au) 成矿区		
			3.3.4	南里约格朗德(Cu Au) 成矿区		
3.4		PARANA 成矿亚带	3.4.1	PARANA 西部阿拉瓜亚纳(金刚石)成矿区		
			3.4.2	PARANA 南部成矿区		
			3.4.3	PARANA 东南部成矿区		
			3.4.4	PARANA 东部成矿区		
			3.4.5	PARANA 中部成矿区		
3.5		SAO FRANCISCO 成矿亚带	3.5.1	沙帕达-迪亚曼蒂纳(金刚石)成矿区		
			3.5.2	库拉撒河谷东部(Cu)成矿区		
	3.5.3		塞拉雅克比纳(Mn Au)成矿区			
	3.5.4		库拉撒河谷西部(Cu)成矿区			
	3.5.5		铁四角(Fe Mn Au)成矿区			
	3.5.6		Alto Jequitinhonha(金刚石)成矿区			
	3.5.7		盆地成矿区			
3.6	BORBOREMA 成矿亚带	3.6.1	巴西东北部(W Nb Ta)北带成矿区			
		3.6.2	巴西东北部(W Nb Ta)中北带成矿区			
		3.6.3	巴西东北部(W Nb Ta)中带成矿区			
		3.6.4	巴西东北部(W Nb Ta)中南带成矿区			
		3.6.5	巴西东北部(W Nb Ta)南带成矿区			

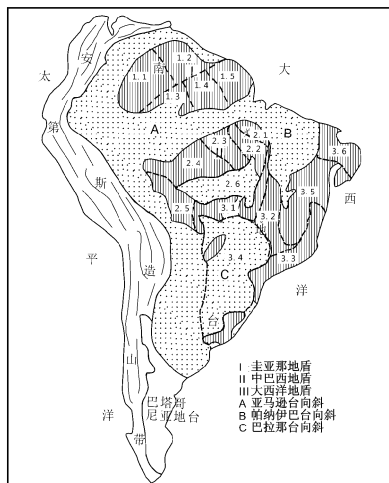


图 4 南美地台 III 级成矿亚带划分示意图

Fig. 4 Sketch map of III-metallogenic sub-zones in South America platform

5.1 圭亚那地盾成矿区

该成矿区位于南美地台与大西洋交界处,向南止于亚马孙沉积盆地。地盾区西侧包括安第斯山前盆地的基底。圭亚那地质重要的成矿作用为金沉积及相关的铁、锰、锡、铬、铌、钽铁矿、锆石和金刚石,大多数矿产的富集与热带风化作用有关。

本文将圭亚那地盾划分为 5 个 III 级成矿亚带和 15 个 IV 级成矿区。

5.2 中巴西地盾成矿区

围绕太古代核部从东向西以 1.95~1.5Ga 的连续岩浆岩弧构成一个地壳构造带,形成一个较年轻的大陆地壳。从 1.5~1Ga,地盾西南部构造演化发生在硅铝岩层环境下。根据中巴西地盾矿产的分布特征,本文将其划分为 6 个 III 级成矿亚带和 17 个 IV 级成矿区。

5.3 大西洋地盾成矿区

从太古代时期开始演化,至中元古代趋于稳定,受新元古代与巴西利亚旋回有关的新元古代活动带限制。大西洋地盾成矿区可分为东部、中部和西部 3 个主要部分,可根据走向为 N-S 的构造特征划分,即受沿海盆地边缘界线、Contendas-Jacobina 线性构造、Espinhaço 线性构造和 Sao Francisco 克拉通界线的限制。

本文将大西洋地盾成矿区划分为 6 个 III 级成矿亚带和 28 个 IV 级成矿区。

6 结论

经历从太古代到新生代多期构造演化,南美地台形成丰富的矿产资源,从太古代到新生代不同阶段的地质构造演化为其奠定了优越的成矿地质条

件,不同地质构造演化阶段形成各具特色的矿产资源。南美地台三个地盾区可进一步划分为 17 个 III 级成矿亚带和 60 个 IV 级成矿区,主要矿产在空间上分带明显且局部集中,具有明显的时代演化和空间分布规律。

参考文献

- [1] Cordani U G, Mila E J, Filho A T, *et al.* Tectonic Evolution of South America [C] A non Publication of the 31th International Geological Congress; Rio de Janeiro, 2000: 1-856.
- [2] Machado N, Lindenmayer Z, Krogh T E, *et al.* U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil [J]. *Precambrian Research*, 1991, 49: 329-354.
- [3] Zappettini E O, Kilibarda C R, Schobbenhaus C, *et al.* Metallogenic map of South America at the scale of 1: 5000000 [M]//Anon. The Commission for the Geological Map of the World; Buenos Aires, 2005: 1-274.
- [4] Grainger C J, Groves D I, Tallarico F H B, *et al.* Metallogenesis of the Carajás Mineral Province, Southern Amazon Craton, Brazil: Varying styles of Archean through Paleoproterozoic to Neoproterozoic base-and precious-metal mineralization [J]. *Ore Geology Reviews*, 2008, 33(3/4): 451-489.
- [5] Moreto C P N, Lena V S, Monteiro R P. Meso-archean (3.0 and 2.86 Ga) host rocks of the iron oxide-Cu-Au Bacaba deposit, Carajás Mineral Province: U-Pb geochronology and metallogenetic implications [J]. *Mineralium Deposita*, 2011, 46: 789-811.
- [6] Tallarico F H B., McNaughton N J., Groves D I. *et al.* Geological and SHRIMP II U-Pb constraints on the age and origin of the Breves Cu-Au-(W-Bi-Sn) deposit, Carajás, Brazil [J]. *Mineralium Deposita*, 2004, 39:68-86.
- [7] Cabrala A R, Zehb A, Kogline N, *et al.* Dating the Itabira iron formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil, at 2.65 Ga: Depositional U-Pb age of zircon from a metavolcanic layer[J]. *Precambrian Research*, 2012, 204-205: 40-45.
- [8] Trendall A F, Basei M A S, Laeter J R, *et al.* SHRIMP zircon U-Pb constraints on the age of the Carajás Formation, Grão Pará Group, Amazon craton [J]. *Journal of South American Earth Sciences*, 1998, 11: 265-277.
- [9] Beukes N J, Gutzmer J, Mukhopadhyay J. The geology and genesis of high-grade hematite iron ore deposits [J]. *Applied Earth Science*, 2003, 112: 18-25.
- [10] Netuno Villas R., Santos M D. Gold deposits of the Carajás mineral province: deposit types and metallo-

- genesis[J]. *Mineralium Deposita*, 2001, 36: 300-331.
- [11] Monteiro L V S, Xavier R P, Hitzman M W, *et al.* Mineral chemistry of ore and hydrothermal alteration at the Sossego iron oxide-copper-gold deposit, Carajás Mineral Province, Brazil [J]. *Ore Geology Reviews*, 2008, 34 (3): 317-336.
- [12] Edson F. Mello, Roberto P. Xavier, Neal J. McNaughton, *et al.* Larry Snee Age constraints on felsic intrusions, metamorphism and gold mineralisation in the Palaeoproterozoic Rio Itapicuru greenstone belt, NE Bahia State, Brazil[J]. *Miner Deposita*, 2006, 40: 849-866
- [13] Christian J. Grainger, David I. Groves, Fernando H. B. Tallarico, *et al.* Fletche Metallogenesis of the Carajás Mineral Province, Southern Amazon Craton, Brazil: Varying styles of Archean through Paleoproterozoic to Neoproterozoic base- and precious-metal mineralisation *Ore Geology Reviews*[J], 2008, 33(3-4):451-489
- [14] Dorr J V N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil [J]. *United States Geological Survey Professional Paper*, 1969: 641.
- [15] Pires F R M. Textural and mineralogical variations during metamorphism of the Proterozoic Itabira iron formation in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil [J]. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1995, 67: 77-105.
- [16] Muller G, Schuster A K, Hoefs J. The metamorphic grade of banded iron formations: Oxygen isotope and petrological constraints[J]. *Fortschritte der Mineralogie*, 1986, 64: 163-185.
- [17] W. Zang, W. S. Fyfe. Chloritization of the hydrothermally altered bedrock Igarap6 Bahia gold deposit, Carajas, Brazil[J], *Mineral. Deposita*, 1995, 30:30-38
- [18] Evandro L. Klein, Chris Harris, Christophe Renac, *et al.* Fluid inclusion and stable isotope (O, H, C and S) constraints on the genesis of the Serrinha gold deposit, Gurupi Belt, northern Brazil [J]. *Miner Deposita*, 2006, 41: 160-178.
- [19] Veizer J, Clayton R N, Hinton R W, *et al.* Geochemistry of Precambrian carbonates: 3-shelf seas and non-marine environments of the Archean[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1990, 54: 2717-2729.
- [20] Babinski M, Chemale Jr F, Van Schmus W R. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil [J]. *Precambrian Research*, 1995, 72: 235-245.
- [21] Hartmann L A, Endo I, Suita M T F, *et al.* Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U-Pb isotopes[J]. *Journal of South American Earth Sciences*, 2006, 20: 273-285.
- [22] Trendall A F, Compston W, Williams I S, *et al.* Precise zircon U-Pb chronological comparison of the volcano-sedimentary sequences of the Kaapvaal and Pilbara Cratons between about 3.1 and 2.4 Ga[C]. *Third International Archean Symposium*, 1990: 81-83.
- [23] Billings, Gale K., Kesleb, *et al.* Relation of Zinc-rich formation waters, Northern Alberta, to the Pine Point Ore Deposit[J]. *Econ. Geol.*, 1969, 64(4):885-891.
- [24] Pecora, W. T., Kepper, M. R., Larrabee, D. M., *et al.* Mica Deposits in Minas Gerais, Brazil[J]. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 1950, 964-C: 205-305.

Geological tectonic evolution and mineralization of metallic minerals in the South America platform

DONG Yong-guan, ZENG Yong, YAO Chun-yan, GAO Wei-hua, GUO Wei-min

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China*)

Abstract: The South America platform was famous as abundant mineral resources and different stages of tectonic evolution from the Archean to the Cenozoic had established a favorable metallogenic geological conditions in this areas. The formation of mineral resources was closely related to geological tectonic evolution, and distinctive mineral resources formed in different tectonic evolution stages. The laws of tectonic evolution and mineralization of the South American platform are summarized based on previous studies results, and the major regional mineralization characteristics, ore-controlling actions of different tectonic evolution stages and the distribution laws of the major metal resources are pointed out in this paper.

Key words: tectonic evolution; mineralizations; South America platform