阿根廷金矿床时空分布规律

张 潮^{1,2},陈玉明¹,陈喜峰¹,姚仲友³,郭维民³ ZHANG Chao^{1,2}, CHEN Yuming¹, CHEN Xifeng¹, YAO Zhongyou³, GUO Weimin³

1.中国地质调查局发展研究中心,北京100037;

2.中国地质大学(北京),北京 100083;

3.中国地质调查局南京地质调查中心,江苏南京210016

1. Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

3. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China

摘要: 阿根廷金矿资源丰富, 西部是安第斯金成矿带的重要组成部分, 勘查开发和利用程度较低, 具有较大的找矿和开发潜力。根据区域构造演化和金矿成矿规律, 梳理了阿根廷金成矿地质背景, 厘定了金成矿作用与构造-岩浆事件的关系。将阿根廷金成矿时代划分为4个集中时期, 阐述了各成矿期的主要金矿床类型, 分析了其空间分布规律, 划分出5个成矿带和15个矿集区, 总结了各矿集区的主控矿因素, 为进一步确定阿根廷金矿资源潜力和找矿方向奠定了基础。 关键词: 金矿床: 时空分布规律; 成矿规律; 阿根廷

中图分类号:P618.51 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2017)12-2154-10

Zhang C, Chen Y M, Chen X F, Yao Z Y, Guo W M. Spatial-temporal distribution regularity of gold deposits in Argentina. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(12):2154–2163

Abstract: Argentina has rich gold resources which constitute the important part of the Andean gold metallogenic belt. However, the level of exploration and utilization of gold is low, and hence the exploration and development have great potential. Based on the history of regional tectonic evolution, the authors have reviewed the geological background of gold mineralization and investigated the relationship between the gold mineralization and tectono-magmatic events. According to methods mentioned above, the gold mineralization of Argentina's gold deposits was summarized and divided into 5 gold metallogenic belts and 15 gold districts based on the summarizing of the main ore-controlling factors with the purpose of laying a solid foundation for discussing the gold resource potential and prospecting direction in Argentina.

Key words: gold deposit; spatial-temporal distribution; metallogenic regularity; Argentina

阿根廷境内已发现金矿床(矿化点)337个,其 中,内生金矿床(矿化点)273个,砂金矿床(矿化点)64 个^[1],储量/资源量2254t。阿根廷西部的安第斯地区 是南美洲安第斯金成矿带的重要组成部分,因产出有 世界级 Bajo de la Alumbrera 斑岩型铜金矿床、Farallón Negro、El Indio-Pascua 和 Deseado Massif 浅成 低温热液型金矿集区而闻名于世^[2-3]。与中国金矿 床类型以造山型、胶东型和斑岩型为主不同^[4-5],阿根 廷金矿床类型以浅成低温热液型和斑岩型为主^[6],其 中浅成低温热液型金矿床找矿潜力巨大^[3]。

收稿日期:2017-03-20;修订日期:2017-09-19

资助项目:中国地质调查局项目《海上丝绸之路重点地区有色金属资源潜力评价》(编号:DD20160118)和《海上丝绸之路大洋洲和南美洲 矿产资源潜力评价》(编号:DD20160110)

作者简介:张潮(1986-),男,博士,工程师,从事矿床学和成矿规律研究。E-mail: zccugb@163.com

通讯作者:陈玉明(1963-),男,硕士,教授级高级工程师,从事南美洲地质调查和矿产资源风险勘查研究。E-mail: 844192807@qq.com

1 区域成矿地质背景

在大地构造单元上,阿根廷位于安第斯造山带 中南段(包括巴塔哥尼亚地台),以及中巴西地盾南 部拉普拉达克拉通,横跨了安第斯告山带和南美地 台区两大构造域。自前寒武纪开始,该区先后经历 了新元古代一早寒武世潘比亚(Pampeano)旋回、古 生代—中生代早期法玛蒂娜(Famatiniano)和冈瓦纳 (Gondwánico)旋回、中生代侏罗纪一白垩纪巴塔哥 尼亚(Patagonídico)旋回4期构造事件,使潘比亚 (Pampia)地块、库亚尼亚(Cuyania)地块、智利尼亚 (Chilenia)地体和巴塔哥尼亚(Patagonia)地台先后 发生增生作用,拼合至冈瓦纳大陆西缘拉普拉达克 拉通。中一新生代安第斯(Andico)造山运动使阿根 廷西部开始整体隆升。上述5期构造事件形成了阿 根廷现今的构造格架,也引发了区域多期火山-岩 浆作用(图1)。金成矿作用与上述构造事件形成的 造山带和火山-岩浆岩带有密切的时空关系。

2 金成矿作用及主要矿床类型

阿根廷金矿床类型主要有浅成低温热液型金-银矿床(低硫型、高硫型)、斑岩型铜-金矿床、造山 型金矿床和砂金矿床。

(1)浅成低温热液型金矿床:是阿根廷主要的 金矿床类型,在安第斯造山带自北向南均有发育, 其成矿作用与长英质-中性火山岩有关,矿床/矿体 严格受控于区域各级断裂构造。北部以高硫浅成 低温热液型为主,如Veladero矿床;南部以低硫浅成 低温热液型为主,如Cerro Negro矿床。前者形成 于中新世,后者主要形成于侏罗纪,少量金矿床形 成于中新世。高硫浅成低温热液型金矿床可能与 钙碱性岩浆去气化作用有关^[7];低硫浅成低温热液 型金矿床成矿机制与成矿流体的沸腾作用有关^[8]。

(2)斑岩型铜-金矿床:是阿根廷重要的金矿床 类型,主要分布于阿根廷西北部安第斯地区,以Bajo de la Alumbrera斑岩型铜-金矿床最典型。含矿 岩体主要为钙碱性斑岩,岩性有英安斑岩、石英闪 长斑岩等。该类型矿床常与浅成低温热液型金矿 床在成因和时空上密切相关,如Farallon Negro金矿 集区与Bajo de la Alumbrera矿床。这与两者同处于 统一的斑岩成矿系统有关,发育于板块汇聚边缘与 俯冲作用相关的陆缘弧环境,与火山-次火山侵入

岩成因关系密切[9-10]。

(3)造山型金矿床:也是阿根廷重要的金矿床 类型之一,在阿根廷北部米纳毕格塔斯地区和中部 拉里奥哈省均有发育,分别以Tormo矿床和Callana 矿床为典型代表。成矿流体的运移和金的沉淀与 潘比亚旋回期Tilcárica增生造山作用和法玛蒂娜旋 回期Chánica增生造山作用关系密切,分别发育于 潘比亚、智利尼亚等地块与冈瓦纳西缘的汇聚板块 边缘。该类型金矿床严格受构造断裂控制,矿体以 含金石英脉的形式赋存于区域二级断裂构造或更 次级的断裂中^[11]。

(4)砂金矿床:在阿根廷分布广泛,重要矿集区 位于巴塔哥尼亚地区。其成矿作用受金的补给源 和地质地貌条件控制。

3 金成矿时代

南美洲各地质历史时期均产出金矿床,以新生 代最重要,其次是古元古代、太古宙和新元古代,上 述各时期金资源量占南美洲金总资源量的比例分 别为51.52%、29.24%、9.90%和4.10%。在新生代矿 床中,以中新世金矿床占绝对优势,且以产于安第 斯造山带的浅成低温热液型金矿床和富金斑岩型 矿床为主,其金资源量占南美洲金总资源量的 42.98%。元古宙是南美洲金另一重要金成矿期,以 产于南美地台区克拉通的造山型金矿床为主¹¹²。

阿根廷金成矿时代与南美洲既有相似之处,又 有显著的地域特色。其金成矿时代与4期构造-岩 浆事件密切相关(表1、表2),先后为:①法玛蒂娜旋 回期 Chánica 造山运动形成的造山型金矿床,成矿 时代主要为泥盆纪;②冈瓦纳旋回形成的低硫浅成 低温热液型金矿床,成矿时代为三叠纪;③巴塔哥 尼亚旋回形成的低硫浅成低温热液型金矿床,成矿 时代为侏罗纪;④安第斯造山运动形成的浅成低温 热液型金矿床(低硫型、高硫型)和富金斑岩型矿 床,成矿时代主要为中新世和渐新世。

3.1 法玛蒂娜成矿期(泥盆纪)

阿根廷古生代晚期的法玛蒂娜旋回形成2个重要的金成矿带:北部造山型金矿带和中部造山型金 矿带。

阿根廷西北部 Arequipa-Antofalla 地块与 Pampia 地块在 460~470Ma 发生碰撞,导致岩层变质和变 形,发育胡胡伊-萨尔塔省 Rinconada 金矿集区。其



图1 阿根廷主要金矿床(带)分布(底图据参考文献[1,3])



矿集区名称:1-Rinconada;2-Antofalla;3-Taca Taca;4-Farallon Negro;5-Casposo-Castaño-San Jorge;

6-El Indio - Pascua; 7-Nevados del Famatina; 8-Pampeanas I; 9-Pampeanas II; 10-Pampeans III;

11—Deseado Massif; 12—Cerro Vanguardia; 13—El Dorado-Monserrat; 14—Cerro Negro; 15—Chubut

表1 阿根廷金矿带主要矿床成矿时代 Table 1 Metallogenic epochs of main gold deposits in various gold belts, Argentina

金矿带		金矿集区		典型矿床	成矿期	成矿时代	成矿年龄/Ma	文献来源	
编号	名称	编号	名称						
Ι	北部造山型 金矿带	1	Dinganada	EI Torno		十-574-7	430	[12]	
		1	Kinconada	Minas Azules	法玛蒂娜	心闺纪	430	[13]	
		2	Antofalla	Incahuasi		泥盆纪	415±3.7	[1]	
П	北部斑岩型、浅成低温 热液型金矿带	2	Taca Taca	Taca Taca Bajo		十近初	23.89±0.20	[1]	
		5		Taca Taca Alto		百姓纪		[1]	
		4	Farallon Negro	Bajo de la Alumbrera	空笠拒		7.12±0.13	[14]	
				Farallon Negro-Alto de la	女 乐 别	新近纪	(55+0.14	[1]	
		4		Blenda			0.33±0.14		
				Agua Rica			6.29±0.06		
Ш	西北部浅成低温 热液型金矿带	5	Casposo-Castaño	San Jorge	又万纳	二叠纪	263±6	[1]	
			-San Jorge	Casposo	nj <i>d</i> u\$nj	三叠纪			
		6	El Indio-Pascua	Pascua-Lama					
		0		Veladero	空笠拒	新近纪	10.09±0.08~13.12±0.18	[15]	
		-	Nevados del	La Maijaana	女布别		5102 28102	[3]	
		/	Famatina	La Mejicana			5±0.5~5.8±0.2		
IV	中部造山型 金矿带	8	Sierras Pampeanas I	Cerro Blanco		二叠纪	259±13		
		9	Sierras Pampeanas II	Callana VI	法玛蒂娜	泥盆纪	390	[1]	
		10	Sierras Pampeanas III	Puigari-Monserrat		泥盆纪	376~378		
V	巴塔哥尼亚浅成低温 热液型金矿带	11	Deseado Massif	Manantial Espejo		白垩纪	124.8±3~142.6±3.5	[1]	
		12	Cerro Vanguardia	Cerro Vanguardia		侏罗纪一白垩纪	138.5±3.3~152.4±3.6		
		13	El Dorado-Monserrat	El Dorado-Monserrat	巴塔哥尼亚	侏罗纪	172(?)	[1]	
		14	Cerro Negro	Cerro Negro]	侏罗纪	172(?)		
		15	Chubut	Esquel		侏罗纪	161±4	[16]	

成矿作用与早奥陶世浊积岩变质作用无关,而与区 域褶皱和断裂作用有关,成因类型为造山型金矿 床,典型矿床如EI Torno。

晚泥盆世,阿根廷西部 Chilenia 地块与 Pampia 地块碰撞增生,形成 Sierra Pampeanas 山区重要 的构造带,在南部逐渐发展出一系列剪切带,在 Pampeanas 地区形成与剪切带有关的金矿床,产 出阿根廷大部分的造山型金矿床,典型矿床如 Callana IV^[1]。

3.2 冈瓦纳成矿期(三叠纪)

晚古生代一早中生代冈瓦纳旋回,在圣胡安省 (San Juan)和门多萨省(Mendoza)形成以三叠纪火 山岩和造山后花岗岩为代表的火山-岩浆活动,产 出晚古生代一早侏罗世金矿床(表1、表2),成因类 型主要有低硫浅成低温热液矿床和斑岩型铜-钼-金矿床。Casposo-Castaño-San Jorge 金矿集区为其 中的代表,矿床主要赋存于泥盆系一石炭系沉积岩 中,上覆三叠系火山岩。该成矿期在圣胡安省主要 发育低硫浅成低温热液矿床,在门多萨省发育斑岩 型铜-钼-金斑岩矿床。

3.3 巴塔哥尼亚成矿期(侏罗纪)

中生代巴塔哥尼亚旋回,在巴塔哥尼亚地区 发育重要的侏罗纪金成矿作用(表1、表2),形成多 个重要的低硫浅成低温热液型金矿集区,如Deseado Massif金矿集区。矿床主要赋存于中侏罗统 Bajo Pobre 组安山岩和玄武岩(如 El Dorado 矿 床)、上侏罗统 Chon Aike 组流纹岩中(如 Cerro Vanguardia 矿床)^[2-3]。

3.4 安第斯成矿期(中新世)

新生代安第斯造山运动在 Cordillera 地区和 Precordillera 地区发育大规模金成矿作用,与古近纪 和新近纪的2次造山运动密切相关。自第四纪开始 的剥蚀作用生成了大量的砂金矿床。

古近纪造山运动在潘比亚地体 Puna-Arizaro 地

表2 阿根廷各成矿期主要金矿床储量/资源量 Table 2 The reserves/ resources of main gold deposits of various metallogenic periods, Argentina

成矿期	储量/资源量/t	成矿时代	储量/资源量/t		
		上新世	73.69		
けたな日に	1(01.20	中新世	1239.43		
女弗斯	1691.29	渐新世	280		
		古近纪—新近纪	98.17		
巴塔哥尼亚	367.39	侏罗纪	367.39		
冈瓦纳	44.47	二叠纪一三叠纪	44.47		
法玛蒂娜	151.12		151.12		
合计	2254.27		2254.27		

注:储量/资源量据参考文献[1,9,17-18]不完全统计

区形成Taca Taca等金矿集区,以富金斑岩型矿床为 主。新近纪Neogeno造山运动形成阿根廷最重要 的金矿床(表2),广泛分布于阿根廷西北部,如Farallon Negro矿集区(表1)。

综上所述,安第斯成矿期是阿根廷最重要的金 成矿时代,成矿集中于中新世,以浅成低温热液型 和富金斑岩型为主,其次为巴塔哥尼亚成矿期,成 矿集中于侏罗纪,以浅成低温热液型为主。同时, 阿根廷又因自身独特的构造演化史,缺失南美地台 元古宙造山型金矿床,而发育独特的泥盆纪造山型 金矿床。

据不完全统计,阿根廷已探明金资源量为 2254.27t,其中安第斯成矿期、巴塔哥尼亚成矿期和 冈瓦纳成矿期金储量/资源量分别为1691.29t、 367.39t、44.47t和151.12t(图2)。总体而言,成矿时 代越新,矿化强度越强。

4 金矿空间分布规律

阿根廷中南段主要分布有 Farallon Negro 金矿 集区、智利-阿根廷 EI Indio-Maricunga 金矿集区及 延伸至阿根廷的 El Indio-Pascua(高硫型)金矿集 区;南段主要分布有巴塔哥尼亚金矿带。根据阿根 廷已发现金矿床的成矿时代、矿床类型、分布特征 等,结合金成矿与区域构造事件和火山-次火山岩 带的关系,将阿根廷金矿划分为5个金矿带(图1)。

4.1 北部造山型金矿带(|)

北部造山型金矿带主体位于潘比亚地体,金矿 化主要与法玛蒂娜旋回期的 Chánica 造山运动有 关,可进一步划分为胡胡伊-萨尔塔省 Rinconada 和 卡塔马卡省Antofalla两个金矿集区(图1)。

胡胡伊-萨尔塔省 Rinconada 金矿集区,位于阿 根廷普纳高原的 Sierra de Rinconada 地区,由2套 NNE向奥陶纪岩浆岩-沉积岩带组成,被上覆的古 近纪—新近纪火山-碎屑岩分割为 Faja Eruptiva Occidental 和 Faja Eruptiva Oriental^[1]。2期奥陶纪岩浆 作用分别发育奥陶纪早期低钾玄武岩,以及后期的 安山岩、玄武质岩石^[19]。该成矿区金矿床展布与区域 性褶皱轴向近平行,矿床由位于褶皱轴部和逆断层 中连续或断续的含金石英脉组成^[1],以EI Torno和 Minas Azules矿床最典型(表3)。赋矿围岩主要为中 奥陶统浊积岩,经历了绿片岩相变质作用。矿体以含 金石英脉形式产出,呈NS走向。Minas Azules矿床多 数矿脉产于褶皱东翼,而西翼石英脉矿化较差^[20]。两 矿床毒砂 Re-Os定年指示,该区金成矿年龄可能为 430Ma^[3,13],成矿作用可能持续到中生代。

卡塔马卡省 Antofalla 矿集区以 Incahuasi 矿床最 典型。矿床受区域 NS 向韧脆性剪切带控制,为石 英脉型矿化,赋矿围岩为中奥陶统低级变质岩^[3],成 矿年龄为415±3.7Ma^[1]。

4.2 北部斑岩型、浅成低温热液型金矿带(Ⅱ)

北部斑岩型、浅成低温热液型金矿带在大地构造位置上位于潘比亚地体西北部。斑岩型、浅成低温热液型金矿化与渐新世一中新世火山-次火山岩浆岩带有关,金矿床主要分布于萨尔塔省和卡塔马卡省的西部,少量分布在土库曼省西部,主要矿床类型是斑岩型铜金矿床和浅成低温热液金矿床(图1)。该带是阿根廷最重要的金矿带,同时也是阿根廷最重要的铜矿带,产有塔卡-塔卡(Taca Taca)、阿



雷布鲁拉(Bajo de la Alumbrera)、阿瓜利卡(Agua Rica)等世界级斑岩铜金矿床与浅成低温热液型金矿 床,以Farallon Negro和Taca Taca金矿集区最典型。

Farallon Negro 火山杂岩带(FNVC)为最重要的 金矿集区,以Bajo de la Alumbrera 斑岩铜金矿床和 Farallon Negro低硫浅成低温热液型金矿集区最典型 (表3)^[21]。FNVC位于Sierras Pampeanas地体北缘大 型盆地内,基底岩石为下寒武统泥质片岩和砂屑岩, 被晚奧陶世—早志留世花岗质岩石侵入[2]。其由数 个火山喷发中心组成,展布面积超过700km^{2[23]}。同 源斑岩体侵入到 FNVC 安山岩中, 如 Bajo de la Alumbrera 和 Alto de la Blenda。 Bajo de la Alumbrera 斑岩型铜金矿床受区域NE向至SN向区域断裂带 控制,矿化斑岩体呈放射状分布,倾角较大124。该矿 集区发育中新世浅成低温热液型金矿床,成矿年龄 集中于 5~8Ma(表1)。其产出两大脉体系统,走向 NNW,倾向 NE60°~75°,分别为 Farallon Negro 矿床 中的 Farallon Negro 、Farallón Negro Rama Norte 等 矿脉,以及 Alto de la Blenda 矿床中的 Laboreo、Portezuelo、Chica等矿脉。矿脉主要赋存于 Alto de la Blenda二长岩内,局部在La Chilca安山岩内³³。

Taca-Taca 矿集区(S24°00'~25°15'、W65°50'~ 68°00')位于萨尔塔省西北部与智利交界处,大地构 造位置上属于 Sierras Pampeanas 地体。矿集区包括 Taca Taca Bajo、Taca Taca Alta等斑岩型铜-金矿床 (表3),成矿作用与该区钙碱性火山-次火山岩有密 切时空关系。赋矿围岩为渐新世石英斑岩和花岗 岩,其受 NW 向断裂严格控制。金主要与绢英岩化 蚀变有关,与石英、磁铁矿等共生^[1]。

4.3 西北部浅成低温热液型金矿带(Ⅲ)

西北部浅成低温热液型金矿带位于智利尼亚 北部、库亚尼亚北部和潘比亚西部的结合带。该区 域发育2期金成矿作用,早期金成矿与冈瓦纳运动 有关,形成圣胡安省-门多萨省(Mendoza)Casposo-Castaño-San Jorge 金矿集区(以低硫型为主,斑岩型 次之);晚期金成矿与安第斯运动有关,形成圣胡安 省 El Indio-Pascua(高硫型)和拉里奥哈省 Nevados del Famatina 金矿集区(以高硫型为主,斑岩型次之) (图1)。该带是阿根廷的主要金矿带之一,产有多 个大型-超大型浅成低温热液型金矿床,如Veladero、Pasua Lama等矿床。

Casposo-Castaño-San Jorge 金矿集区在 El In-

dio-Pascua金矿集区以南约150km处,与二叠纪— 三叠纪火山-岩浆活动有关,在北部圣胡安省主要 形成低硫浅成低温热型金矿床,以Casposo为代表; 在南部门多萨省形成富金斑岩型铜钼矿床,以San Jorge矿床最典型。该区广泛出露二叠系—三叠系 Choiyoi群流纹岩和安山质火山岩,上覆古生代基底 沉积岩,两者呈不整合接触关系。该基底在法玛蒂 娜和冈瓦纳造山期经历了强烈的变形作用^[3]。古近 纪一新近纪火山-沉积岩上覆于Choiyoi群之上,并 被古近纪一新近纪花岗岩类侵入,随后在安第斯造 山运动中发生变形^[25]。

El Indio-Pascua金矿集区位于圣胡安省西部与 智利交界处,是世界级金矿集区(图1),发育 Pascua-Lama矿床(阿根廷/智利)、Veladero矿床(阿根 廷)(表3)、Sancarron矿床(智利)、Rio del Medio 矿 床(智利)、El Indio 矿床(智利)和 Tambo 矿床(智 利),受控于NS向和NW向断裂带。区域基底为晚 古生代一早侏罗世长英质钙碱性火山-侵入岩,上 覆中生代火山-沉积岩及渐新世一中新世火山-岩 浆岩和火山碎屑岩^[3]。其中,与区域金成矿有关的 中新世火山-岩浆岩受NS向高角度逆断裂控制。 该区金矿床成矿年龄集中于 6.0~9.5Ma,与区域帕 斯卡组英安岩和凝灰岩年龄一致^[26]。

Nevados del Famatina 金矿集区位于潘比亚地体。区域基底为寒武系一下奥陶统海相沉积岩,经历晚奥陶世低级变质作用和Nunorco花岗岩侵入,其上覆晚古生界陆相沉积岩。矿区英安斑岩-流纹岩侵位年代为5.0±0.3Ma。区域基底断裂形成于法纳蒂娜造山期,呈NE向和NW走向,其后随安第斯造山活化,进一步发育NS向断裂和褶皱。英安斑岩-流纹岩沿上述NS向断裂侵入,其内赋存富金斑岩型铜钼矿床,矿化呈细脉浸染状、脉状和网脉状,以黄铁矿、黄铜矿和闪锌矿为主。矿区也发育个别EW向断裂,控制La Mejicana浅成低温热液型铜、金矿床的产出^[327]。

4.4 中部造山型金矿带(Ⅳ)

中部造山型金矿带在大地构造位置上位于安 第斯前科迪勒拉东部的潘比亚地体,该区域为潘比 亚地体与拉普拉达克拉通、库亚尼亚地体的缝合带 (图1)。基底主要由下一中古生界变质岩和火成岩 组成。该地体在新元古代一寒武纪潘比亚远动期 间经历广泛的变形--变质作用,达到角闪岩相-麻粒

表3 阿根廷各金矿带典型矿床地质特征 Table 3 Geological characteristics of typical gold deposits of various gold belts, Argentina

숲	矿带	大地构	成矿	曲田かけ	The T The life	脉石	र्टन कोई	72-14-	PPI I-L	矿区	矿床	成矿	成矿												
编号	编号 名称 造位置		期	典型0 床	但 石伊 初	矿物	蚀变	例1平	固石	构造	类型	环境	时代												
 北部造 I 山型金 矿带 		潘	३५- ४त		百姓人 百姓相	アナ	绢云母化、粘	脉状	南陸ズム山	背斜和	いの中市を開	盆地边													
		比	法均	EI Torno	自然金、自然银、 黄铁矿、毒砂	石央、 绢云母	土化、黄铁矿		奥阿尔砂石、 如屋島 振島			缘浊流	志留纪												
		亚	市咖				化和碳酸岩化		细用石、似石	旧邓特	望金卯	沉积													
					黄铜矿、自然金、铜蓝		钾长石化、	2011-244																	
				Taca Taca Bajo		石英	绢英岩化、	_{夜樂} 、 网脉状	白 英斑岩、	NW	斑岩型铜金矿	区域深	渐新世												
							硅化、粘土化		化冈石	问断袋		大断裂													
	北部斑 岩型、 浅成低 温热液					Farallon Negro-Alto	闪锌矿、黄铁矿、方铅	石英、	硅土化、	02.15	安山岩、	NW向区	浅成低温热液	111 Marture	I sher ut										
		147		de la Blenda	矿、黄铜矿、自然金	方解石等	青磐岩化	脉状	二长岩	域断裂	型金矿	右 乐 弧	甲新世												
Π		潘	安第		黄铁矿、黄铜矿、		km 14 === //	37 sh. db	able who what is fire																
		比		Bajo de la	自然金、方铅矿、	石英、石膏、	钾长石化、		央安班宕、 安山岩、 二长岩	a la state de la state															
	型金矿	<u>MK</u>	牁	Alumbrera	辉铜矿、蓝辉铜矿、	硬石膏	绢云母化、 吉尔山 (1	没染状		断裂	地石型铜金矿	右浆弧	甲新世												
	带				闪锌矿、磁铁矿		青磐岩化																		
				Agua Rica	黄铁矿、自然金、	石英	钾长石化、	浸染、 网脉状	斑岩、 、 安山岩																
							青磐岩化、			N-NW	斑岩型铜金矿	造山带	中新世												
					黄铜矿		粘土化			向断裂		岩浆弧													
					自然金、黄铜矿、黄铁																				
				San Jorge	矿、斑铜矿、闪锌矿、方		钾化、粘土化、	、浸染状	安山岩、 斑岩		斑岩型铜金矿	岩浆弧	二叠纪												
					铅矿、铜蓝		青磐岩化																		
	西北部 智利 浅成低 尾亚 温热型 尼亚 金矿带 潘指		安第 斯 、 冈 、 纳												硅化、绢云母		安山岩、		低硫浅成低温						
		1 et 1		Casposo		石英	化、青磐岩化	脉状	流纹岩		 热液型金矿 N 高硫浅成低温 热液型金矿 	岩浆弧	三叠纪												
		智利		Veladero	黄铁矿、黄铜矿	石英、 明矾石	硅化、粘土化 唐	脉状	英安岩、 流纹岩	SW向、SN		岩浆弧	中新世												
		尼亚、								向、NE向															
Ш		库亚								断裂															
		尼业、		La Mejicana	黝铜矿、黄铜矿、黄铁			脉状	F.Negro Peinado 变质岩		高硫浅成低温	岩浆弧	上新世												
		潘比			矿、闪锌矿、斑铜矿、自	石英																			
		<u>лк</u>			然金、自然银、白铁矿						热液型金矿														
	播出 中部造 亚, 山型 普拉 达		法玛蒂娜	Cerro Blanco	黄铁矿、自然金、				片岩、 流纹岩			剪切带	二叠纪												
					方铅矿、闪锌矿、	石英	脉	脉状			造山型金矿														
					黄铜矿、褐铁矿																				
		潘比		Callana IV	自然金、孔雀石、 蓝铜矿	石英			花岗闪长岩、																
IV		亚、拉						板状	英云闪长岩、 英云闪长岩、 前切带	造山型金矿	剪切带	甲泥													
		晋拉								野切带			盆世												
		还			黄铁矿、闪锌矿、方铅	石英	绢云母化、 青磐岩化	脉状	片麻岩、 花岗岩	:	造山型金矿	剪切带													
				Puigari-	矿、黄铜矿、毒砂、赤铁								泥盆												
				Monserrat	矿、针铁矿																				
			キ 巴塔 - え 哥尼 亚 -								自然金、金银矿、自然	石英、玉髓、	硅化、绢云母	82.15			for the set of the set	- IND							
				Manantial Espejo	银、黄铁矿、毒砂、方铅	冰长石、高岭	化、高岭土化、	脉状、	Ψ盾岩、 安山岩		低航浅成低温 热液型金矿	区域岩 浆岩	晚休 罗世												
					矿、闪锌矿、褐铁矿	土、方解石	绿泥石化	网脉状																	
				-						石英、冰长							fat must								
				Cerro Vanguardia	自然金、金银矿、自然	石、重晶石、 方解石、 菱铁矿	硅化、粘土化	脉状、 网脉状	火山碎屑岩、 流纹岩	断裂和次	次 低硫浅成低温 是 热液型金矿	区域岩	晚侏罗												
	巴塔哥 尼亚浅 巴埃 成低温 哥瓦 热液型 亚				银、辉银矿、黄铁矿、					级断裂		浆岩	世一早												
		巴塔			毒砂、方铅矿、闪锌矿								白垩世												
V		哥尼		哥尼	哥尼	尼 哥尼	尼 哥尼	哥尼	哥尼	 哥尼	 哥尼				硅化、粘土化、										
		JE.		El Dorado- Monserrat	银金矿(?)、黄铁矿、 磁铁矿	石英、重晶 石、冰长石	青磐岩化、绢	脉状	泳状 安山岩	NE10° 断裂	低硫浅成低温 热液型金矿	区域岩	侏罗纪												
	金矿带						云母化					浆岩													
				Cerro Negro Esquel		石英	高岭土化	脉状、 网状状	灰岩、 流纹岩	断裂	低硫浅成低温 热液型金矿	区域岩													
												浆岩	休罗纪												
					自然金、金银矿、	石英	硅化、伊利石	脉状、 安山岩、		瓜菇沙舟瓜河	区博声														
							化、蒙脱石化、			断裂	低硫浅成低温	区	侏罗纪												
																		题刊4、更铁4		绿泥石化	网状状	流纹岩		热液型金矿 劣	釆石

岩相,并发育长英质岩浆作用。随后,法玛蒂娜造 山运动在该区发育碰撞背景下的镁铁质-超镁铁质 岩浆作用。在古生代中期Achalian造山运动期间, 冈瓦纳边缘重新汇聚导致挤压变形,并发育泥盆纪 早期岩浆弧,影响了潘比亚大部分区域。泥盆纪— 石炭纪花岗岩持续活动侵入到变质基底中。地体 基底在安第斯造山运动期间持续抬升形成了一系 列盆地^[238]。

泥盆纪为该带最重要的金成矿期,发育造山型 金矿床,主要分布在科尔多瓦省(Córdoba)、圣路易 斯省(San Luis)和拉里奥哈省(La Rioja),少量分布 在圣胡安省(图1)。此类矿床多为石英脉型矿体, 矿脉严格受断裂控制,走向呈NE-NW向,与区域 断裂产状一致。赋矿围岩多样,如片麻岩、糜棱岩、 花岗岩、花岗闪长岩等。该带造山型金矿床规模均 较小,如Rio Candelaria(Au资源量 60000 Oz,)、San Ignacio(Au资源量40000 Oz),尚未发现大型-超大 型矿床,目前以小规模民采矿床为主。依据赋矿围 岩不同,可进一步分为3个金矿集区:Pampeanas I、 Pampeanas Ⅱ和Pampeans Ⅲ。Pampeanas Ⅰ金矿集 区位于圣胡安省La Huerta山区,发育Cerro Blanco、 El Morado和Martha I、II等金矿床。矿体呈脉状 或透镜体状产出,走向NW,赋存于Fertil valley群变 质岩内[□]。Pampeanas Ⅱ金矿集区位于拉里奥哈省 Chepes、Las Minas 和 Ulapes 地区及 San Luis 省山区, 成矿时代为泥盆纪一石炭纪,以Callana II最典型 (表3)。矿床赋存于前寒武系变质岩和古生代火成 岩中,为石英脉型矿化,矿体呈脉状和透镜状,走向 NW—NE,呈线形和"S"形断续延伸。Pampeans Ⅲ 金矿集区位于科尔多瓦省 Pampia 地区 Grande de Cordoba山脉东侧,由Puigari-Monserrat等60多个 矿床(体)组成。矿床产于NS向元古宙片麻岩岩群 中,为石英脉型矿化,矿体走向NW30°-NE30°,呈 透镜体状和"S"形。绢云母 Ar-Ar 年龄为 376~ 378Ma^[1].

4.5 巴塔哥尼亚浅成低温热液型金矿带(V)

大地构造位置上,巴塔哥尼亚浅成低温热液型 金矿带位于巴塔哥尼亚地台区,金矿化与白垩纪— 侏罗纪火山-次火山岩浆岩有关。金矿床主要分布 在巴塔哥尼亚地区,集中于圣克鲁斯省(Santa Cruz)、丘布特省(Chubut)、内格罗河省(Río Negro)和内乌肯省(Neuquén),尤以圣克鲁斯省Deseado Massif、Cerro Vanguardia、El Dorado-Monserrat、 Cerro Negro 及丘布特省 Chubut 五个金矿集区最发 育(图1;表3)。

圣克鲁斯省金矿集区多位于巴塔哥尼亚南部 Deseado Massif地区,含矿地层是该区变质基底的多 个小范围露头,其上覆弧后伸展作用形成的二叠 系一三叠系沉积岩,两者呈不整合接触关系。由于 大西洋打开,南美洲和非洲大陆分离,该区在经历 断块作用和半地堑作用后形成裂谷和断陷盆地。 中一晚侏罗世双峰式火山作用形成了 Bajo Pobre 组,岩性为玄武岩和安山岩,以及Bahía Laura群,岩 性为熔结凝灰岩和凝灰岩,相对偏酸性。白垩系和 新生界玄武岩和海相沉积岩上覆于侏罗系火山 岩。侏罗纪伸展构造作用形成了巨大的 NNW-N 向半地堑,以陡峭铲式正断层为界,多为二叠纪一 三叠纪裂谷作用的再活化^[3,29]。金矿床主要赋存于 裂谷地区,受裂谷和断裂带控制,其成因与侏罗纪 火山作用有关。Deseado Massif矿集区矿床形成于 晚侏罗世,多赋存于 Bahía Laura 群熔结凝灰岩 (Chon Aike Complex)内,主要为La Matilda 凝灰岩 层。Cerro Vanguardia 矿集区发育超大型金矿床,金 储量 3.5Moz, 成矿年龄范围为 138.5±3.3~152.4± 3.6Ma。矿体赋存于Chon Aike组长英质凝灰岩中, 为石英脉型矿化,矿区北部矿脉走向WNW向,南 部矿脉走向 N—NW, 倾角较大。El Dorado-Monserrat 矿集区毗邻 Cerro Vanguardia 矿集区, 矿体赋 存于 Bajo Pobre 组安山岩中,呈雁行脉形式产出。 El Dorado 矿床中含金石英脉沿 E 向剪切带发育, 而 Monserrat 矿区含金石英脉沿 N 向剪切带发育^[30]。 Cerro Negro 矿集区位于 Deseado Massif 西北部,为 新近发现的金矿集区,区内圈定的金、银资源量分 别为2.54Moz和23.2Moz^[3]。矿床赋存于上侏罗统 火山岩中,矿体沿EW向、NW向断层,以及上述断 层交会处产出[31]。

丘布特省 Chubut 金矿集区位于巴塔哥尼亚南 部 Cordillera Patagónica Septentrional 地区。该区中 侏罗世双峰式火山作用形成了 Lago La Plata 组,岩 性为安山岩和流纹岩,其下伏地层为下侏罗统黑 色页岩、砂岩、砾岩和灰岩,两者呈不整合接触关 系^[32]。Lago La Plata 组是该矿集区主要的赋矿围 岩。Esquel 金矿床金、银储量分别为 3.8Moz 和 7Moz,为石英脉型矿化,赋存于 Lago La Plata 组中 性-镁铁质火山岩中。其成矿年龄不晚于161±4Ma。N—NE向含金石英脉沿NS向构造产出,南部以WNW向断裂为界¹⁶。

综上所述,阿根廷以北部的斑岩型、浅成低温 热液型金矿带(Ⅱ)最重要,其次为西北部浅成低 温热液型金矿带(Ⅲ)和巴塔哥尼亚浅成低温热液 型金矿带(V)。北部斑岩型、浅成低温热液型金 矿带(Ⅱ)Farallon Negro 矿集区阿雷布鲁拉和阿瓜 利卡斑岩型铜金矿床金资源量分别高达489t⁹⁹和 263t^[17]:塔卡-塔卡矿集区塔卡-塔卡斑岩型铜金矿 床金资源量高达280t^[17]。Farallon Negro 矿集区中新 世 Bajo de la Alumbrera、Alto de la Blenda 岩体和塔 卡-塔卡矿集区渐新世石英斑岩具有很大的找矿潜 力。西北部浅成低温热液型金矿带(Ⅲ)El Indio -Pascua 金矿集区与智利 EI Indio-Maricunga 金矿带 毗邻,两者处于同一构造-岩浆岩带,在智利一侧 已发现数个超大型金矿床,而阿根廷一侧目前仅 发现Veladero矿床。该带帕斯卡组英安岩和凝灰 岩具有很大的找矿潜力。巴塔哥尼亚浅成低温热 液型金矿带(V)是阿根廷重要的浅成低温热液型 金矿带[33],该带Deseado Massif矿集区的Bahía Laura 群熔结凝灰岩、Chon Aike 组长英质凝灰岩和 Bajo Pobre组安山岩,以及丘布特矿集区的Lago La Plata 组安山岩和流纹岩,均有很大的找矿潜力。

5 结 论

(1)阿根廷经历了潘比亚旋回、法玛蒂娜旋回、冈瓦纳旋回、巴塔哥尼亚旋回和安第斯造山运动5期构造事件,形成一系列造山带和火山-岩浆岩带。构造事件引发的区域造山作用、火山-岩浆作用与金成矿作用关系密切。金矿床成因类型主要为浅成低温热液型(低硫型、高硫型)、斑岩型、造山型等。前2种金矿床类型在阿根廷占据主导地位。

(2)阿根廷金成矿作用主要发生在4个时期:① 泥盆纪造山型金矿床,形成于法玛蒂娜旋回期 Chánica造山运动;②三叠纪低硫浅成低温热液型 金矿床,形成于冈瓦纳旋回期;③侏罗纪低硫浅 成低温热液型金矿床,形成于巴塔哥尼亚旋回 期;④古近纪一新近纪高硫浅成低温热液型金矿 床,形成于安第斯造山期。侏罗纪和新近纪是阿根 廷最重要的金成矿期。 (3)阿根廷金矿集中分布在5个金矿带:①北部
造山型金矿带(Ⅰ);②北部斑岩型、浅成低温热液
型金矿带(Ⅱ);③西北部浅成低温热液型金矿带
(Ⅲ);④中部造山型金矿带(Ⅳ);⑤巴塔哥尼亚浅
成低温热液型金矿带(V)。

(4)阿根廷5个金矿集区的特定岩层(体)具有 较大的找矿潜力,分别是:北部斑岩型、浅成低温热 液型金矿带(Ⅱ)的Farallon Negro矿集区中新世Bajo de la Alumbrera、Alto de la Blenda 岩体和塔卡-塔 卡矿集区渐新世石英斑岩体;西北部浅成低温热液 型金矿带(Ⅲ)的El Indio - Pascua矿集区帕斯卡组 英安岩和凝灰岩;巴塔哥尼亚浅成低温热液型金矿 带(V)的Deseado Massif矿集区Bahía Laura 群熔结 凝灰岩、Chon Aike 组长英质凝灰岩、Bajo Pobre 组 安山岩和丘布特矿集区Lago La Plata 组安山岩和流 纹岩。

参考文献

- [1]Cardo R, Segal S J, Zubia M. Metalogenia del oro de la republica argentina, servicio geologicl minero argentino. 2003.
- [2]Fogliata A S, Hagemann S G. Gold systems in Argentina: diversity in types, times and space[J]. SGA News, 2011, 28: 1–18.
- [3]Ford A, Hagenabb S G, Fogliata A S, et al. Porphyry, epithermal, and orogenic gold prospectivity of Argentina[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 71: 655–672.
- [4]Deng J, Wang Q F. Gold mineralization in China: Metallogenic provinces, deposit types and tectonic framework[J]. Gondwana Research, 2016, 36: 219–274.
- [5]Deng J, Liu X F, Wang Q F, et al. Origin of the Jiaodong-type Xinli gold deposit, Jiaodong Peninsula, China: Constraints from fluid inclusion and C-D-O-S-Sr isotope compositions[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 65: 674–686.
- [6]陈玉明, 杨汇群. 阿根廷的矿产资源和矿业开发[J]. 国土资源情报. 2015, (2): 22-27.
- [7]江思宏, 聂凤军, 张义, 等. 浅成低温热液型金矿床研究最新进展[J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 401-411.
- [8]Corbett G. Epithermal gold for explorationists[J]. AIG Journal–Applied Geoscientific Practice and Research in Australia, 2002: 1–26.
- [9]Sillitoe R H, Perello J. Andean Copper Province: Tectonomagmatic Settings, Deposit Types, Metallogeny, Exploration, and Discovery[J]. Econ. Geol., 2005, 100: 845–890.
- [10]Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper–gold and epithermal gold deposits in the circum–Pacific region[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 1997, 44(3): 373–388.
- [11]Groves D I, Goldfarb R J, Robert F, et al. Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance[J]. Econ. Ge-

- [12]Zappettini E O, Segal S J. Los depósitos auríferos vetiformes de la sierra de Rinconada, Jujuy[C]//Zappetttini E O. Recursos Minerales de la RepúblicaArgentina. Instituto de Geología y recursos Minerales SEGEMAR, 1999, 35: 507–514.
- [13]BierleinF P, Stein H J, Coira B, et al. Timing of gold and crustal evolution of the Palaeozoic south central Andes, NW Argentina——implications for the endowment of orogenic belts[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 2006, 245: 702–721.
- [14]Harris A C, Dunlap W J, Reiners P W, et al. Multimillion year thermal history of a porphyry copper deposit: application of U–Pb, 40Ar/39Ar and (U–Th)/He chronometers, Bajo de la Alumbrera copper–gold deposit, Argentina[J]. Miner. Deposita, 2008, 43: 295– 314.
- [15]Holley E A, Bissig T, Monecke T. The Veladero High–Sulfidation Epithermal Gold Deposit, El Indio–Pascua Belt, Argentina: Geochronology of Alunite and Jarosite[J]. Econ. Geol., 2016, 111: 311– 330.
- [16]Sillitoe R H, Cooper C, Sale M J, et al. Discovery and geology of the Esquel low-sulfidation epithermal gold deposit, Patagonia, Argentina[C]//Goldfarb R J, Nielsen R L. Integrated Methods for Discovery: Global Exploration in the 21st Century. SEG Special Publication 9. Society of Economic Geologists, 2002: 227–240.
- [17]S&P Global Market Intelligence[EB/OL][2017-03-24](2017-03-28)https://www. snl. com/web/client?auth=inherit#country/pro-ductionByCommodity?keycountry=CN. 2017.
- [18]Gustavo R, Gabriel G, Nicolas S. Las Calandrias dome-related gold-silver discovery, Deseado Massif, Southern Argentina[C]// 11th SGA Biennial Meeting on Let's Talk Ore Deposits. Univ Catolica del Norte, Antofagasta, Chile. Let's Talk Ore Deposits, 2011, I/II: 919-921.
- [19]Coira B, Kay S M, Perez B, et al. Sources and tectonic setting of Ordovician magmas in the northern Puna plateau of Argentina and Chile[C]//RamosV A, Keppie J D. Laurentia- Gondwanan Connections before Pangea. Special Paper 336, Geological Society of America, 1999: 145–170.
- [20]Rodríguez G A, Bierlein F P. The Minas Azules deposit-- an example of orogenic lode gold mineralization in the Sierra de Rinconada, northern Argentina[J]. Int. Geol. Rev., 2002, 44: 1053–1067.
- [21]Borba M L, Junior F C, Kawashita K, et al. The Bajo de la Alum-

brera and Agua Rica Cu-Au (Mo) porphyry deposits of Argentina: Genetic constraints on ore formation and sources based on isotope signatures[J]. Ore Geology Reviews, 2016, 75: 116–124.

- [22]McBride S L, Caelles J C, Clark A H, et al. Palaeozoic radiometric age provinces in the Andean basement, latitudes 25-30°S[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1976, 29, 373-383.
- [23]Sasso A M, Clark A H. The Farallón Negro group, northwest Argentina: magmatic, hydrothermal and tectonic evolution and implications for Cu– Au metallogeny in the Andean back–arc[J]. SEG Newsletter 34, 1998, 1: 8–18.
- [24]Proffett J M. Geology of the Bajo de la Alumbrera Porphyry Copper- Gold Deposit, Argentina[J]. Econ. Geol., 2003, 98: 1535-1574.
- [25]Heredia N, Fernández L R R, Gallastegui G, et al. Geological setting of the Argentina Frontal Cordillera in the flat-slab segment (30°00′-31°30′S latitude)[J]. J. S. Am. Earth Sci., 2002, 15: 79–99.
- [26]Charchaflié D, Tosdal R M, Mortensen J K. Geologic framework of the Veladero high-sulfidation epithermal deposit area, Cordillera Frontal, Argentina[J]. Econ. Geol., 2007, 102: 171–192.
- [27]Ramos V A. The tectonics of the central Andes; 30° to 33°S latitude[J]. Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 1988, 218: 31–54.
- [28]Rapela C W, Toselli A, Heaman L, et al. Granite plutonism of the Sierras Pampeanas: an inner cordilleran Paleozoic arc in the southern Andes[J]. Geol. Soc. Am. Spec. Pap., 1990, 241: 77–90.
- [29]Homove J F, Constantini L A. Hydrocarbon exploration potential within intraplate shear-related depocenters Seseado and San Julian Basins, Southern Argentina[J]. AAPG Bull., 2001, 85: 1795–1815.
- [30]Echavarría L E, Schalamuk I B, Etcheverry R O. Geologic and tectonic setting of Deseado Massif epithermal deposits, Argentina, based on El Dorado–Monserrat[J]. J. S. Am. Earth Sci., 2005, 19: 415–432.
- [31]Shatwell D, Clifford J A, Echavarría D, et al. Discoveries of lowsulfidation epithermal Au–Ag veins at Cerro Negro, Deseado Massif, Argentina[J]. SEG Newsletter, 2011, 1: 17–23.
- [32]Haller M J, Lapido O R. The Jurassic-Cretaceous volcanism in the Septentrional Patagonian Andes[J]. Earth Sci. Rev., 1982, 18: 395– 410.
- [33]Sillitoe R H. Major gold deposits and belts of the North and South American Cordillera: distribution, tectono-magmatic settings, and metallogenic considerations[J]. Econ. Geol., 2008, 103: 663–687.