

# 菲律宾内格罗斯岛西部成矿地质特征及找矿方向<sup>\*</sup>

陈丹丹,高天山,周效华

(中国地质调查局南京地质调查中心,南京 210016)

**摘要:**本文在野外地质矿产调查的基础上,通过收集菲律宾内格罗斯岛西部地区地质矿产资料,分析该区铜、金矿的区域地质背景、成矿地质条件及成矿控制因素。结果表明,该区斑岩型铜矿和热液型金矿主要与内格罗斯岛弧岩浆岩带有关,受区域断裂构造破碎带、闪长岩和白垩系火山碎屑岩层控制,在类似部位或附近是寻找铜、金矿的有利地段。这对今后进一步寻找斑岩型铜矿、热液型金矿具有一定参考。

**关键词:**斑岩型铜矿;热液型金矿;岛弧岩浆岩;内格罗斯岛西部

**中图分类号:**P618.4

**文献标识码:**A

菲律宾位于环太平洋铜矿成矿带西侧,铜矿资源较丰富,总矿石储量达 48 亿吨,其中斑岩铜矿约占总储量的 90%。大洋板块俯冲是形成斑岩铜矿床的主要因素,菲律宾铜矿以斑岩铜矿为主,含矿斑岩具有来源深、就位浅、多期次侵位、各期次侵位空间共存的地质特征。笔者通过野外地质矿产调查,收集菲律宾内格罗斯岛西北部地区地质矿产资料,总结该区铜、金矿的区域地质背景、成矿地质条件及成矿控制因素,以期指出该区斑岩型铜矿、热液型金矿的找矿方向,这对进一步寻找斑岩型铜矿、热液型金矿具有一定参考。

## 1 区域地质背景

菲律宾群岛位于欧亚板块、太平洋板块、印度—澳大利亚板块的交汇部位,形成了独特的岛弧构造体系。中生代以来,受太平洋板块运动的影响,岛弧进一步褶皱隆起、分离与合并,并伴有镁铁质—超镁铁质岩浆活动。东部地区岩浆活动与构造变动相对较强,形成近 NNW 向构造,其中以纵贯菲律宾群岛的 NNW 向菲律宾断裂规模最大,并伴有一定规模的混杂堆积岩;西部地区岩浆活动与构造活动相对较弱,形成近 NE 向构造,呈较开阔和相对稳定的沉积盆地、断续的混杂堆积岩。强烈的岩浆作用、构造

活动和成矿地质条件,使菲律宾近三分之一的国土蕴藏丰富的铜、金、镍、铬、铁和锰等矿产资源<sup>[1]</sup>,特别是与岩浆活动有关的斑岩型铜矿、岩浆热液型金矿化发育(图 1,图 2)

## 2 区域地质特征

菲律宾群岛在中生代晚期—新近纪受东、西两侧板(地)块的双向挤压,产生东西分布的双岛弧带构造格局。内格罗斯岛处于西侧的内格罗斯岛弧带,是西侧岩浆岛弧带的组成部分。岛上火山岩和侵入岩发育,并形成以铜矿为主的金属成矿区(图 3)<sup>[2-5]</sup>,主要矿产为铜,共生有金、银和钼,已探明 9 个矿床,另有多个成矿远景区。研究区位于内格罗斯岛西部,其地层、岩浆岩和构造特征分述如下:

### 2.1 地层

该区出露最老的地层为白垩纪基底建造(BF 建造),盖层主要为始新世(IL 建造),晚渐新世(TC 建造),早中新世(DL 建造),中—晚中新世(CF 建造),上新世(KF 建造),第四纪(Qal,未固结)。

白垩纪基底(BF 建造):出露广泛,分布在西内格罗斯岛南部,西北部和东北部部分地区主要为玄武质—安山质凝灰角砾岩、角砾凝灰岩和熔岩,部分

\* 收稿日期:2015-03-02 改回日期:2015-04-15 责任编辑:谭桂丽

基金项目:菲律宾优势矿产资源区域成矿规律与潜力分析研究项目(项目编号:[2011]D3-03-02)资助。

第一作者简介:陈丹丹,1983 年生,女,助理研究员,主要从事地质矿产调查研究工作。

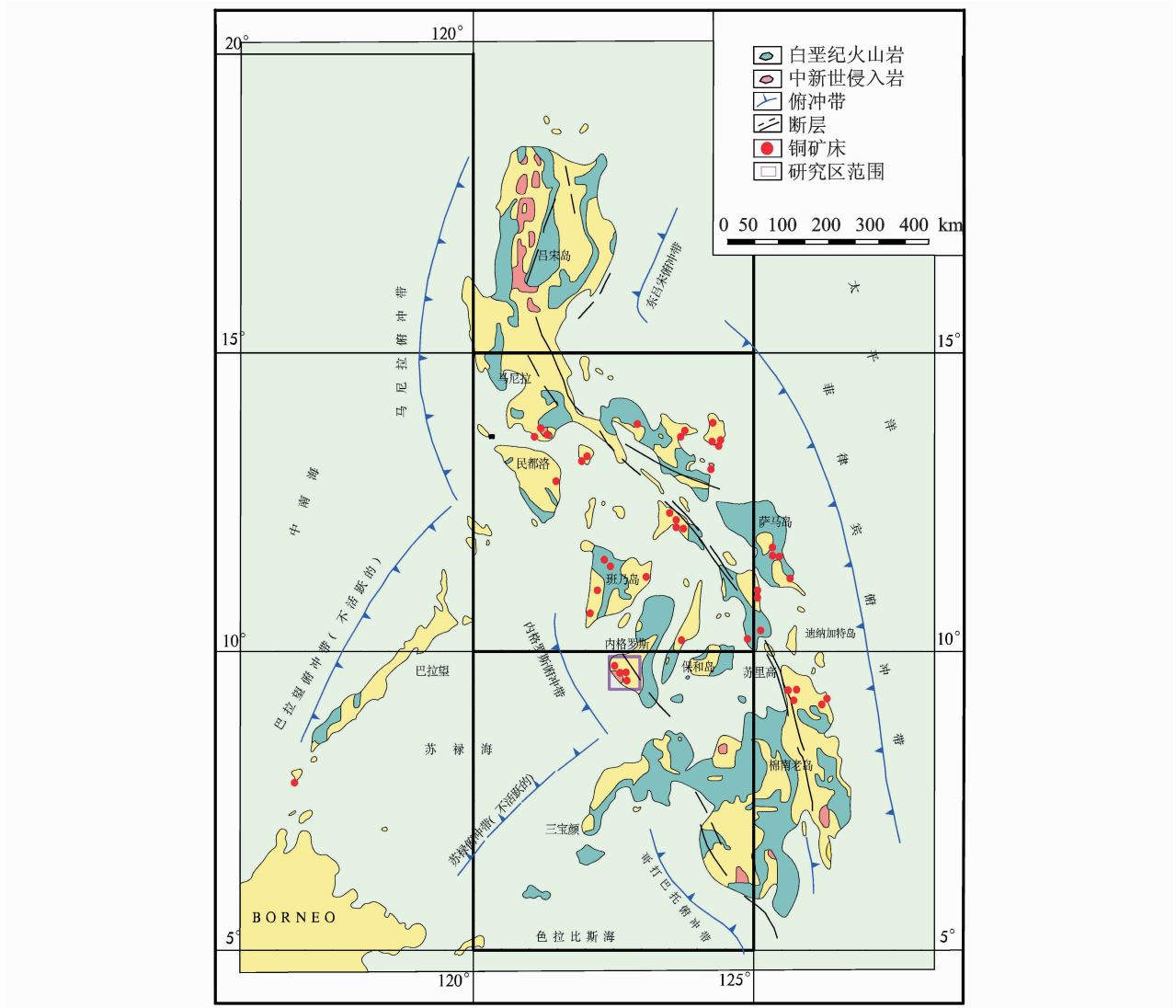


图 1 菲律宾铜矿分布图<sup>[6]</sup>

Fig. 1 Distribution map of copper deposits in Philippines

有隧石互层,由页岩、砂岩和集块岩组成的变沉积岩分布于东北部。这些岩石一般经历了绿泥石化,某些地方有绿帘石化。玄武岩和安山岩呈暗灰—暗绿灰色,斑晶绿泥石化并含黄铁矿。

始新世(IL 建造):为一套层状白黄—白色灰岩建造(IL 建造),在该区 Cawayan 河中游和北部 Isit 河下游分布,为陆表海相沉积。分布范围有限,呈角度不整合覆盖于白垩纪基底(BF 建造)之上。

渐新世(TC 建造):主要为蚀变砂岩和粉砂岩组成,粉砂岩常与凝灰岩互层,中始新世—早中新世微型浮游生物(*nannoplankon*)发育,广泛分布在东北部和东部,与始新世(IL 建造)平行不整合接触。

中新世(DL 建造):主要为粉红—白色灰岩,局部见砂岩和泥岩呈互层状产出。微化石主要为 *Cellantus*(*Benthos foraminifera*),表明地层年龄为

上新世—现代,而微变浮游生物研究表明地层年龄为渐新世—早中新世。分布在西北部 Caliling 河,西部锡帕莱河,南部 Pagathan 河下游,与渐新世(TC 建造)为平行不整合接触。

晚中新世(CF 建造):主要为蚀变凝灰质砂岩和泥岩互层、酸性凝灰岩和砂质凝灰岩组成。软体动物化石常见于砂岩和泥岩中,分布在东部和北部,角度不整合覆盖在中新世(DL 建造)上。

上新世(KF 建造):主要为砂岩、粉砂岩和泥岩组成。仅分布在锡帕莱河下游、西部和东北部海岸。在东部主要为淡黄—白色灰岩,与西部建造有异,被认为是异相产物。其下晚中新世(CF 建造)被上新世(KF 建造)角度不整合覆盖。

更新世(KF 建造):为含安山质和玄武质粗面凝灰岩,与泥岩互层。分布于西北部 Caliling 河上

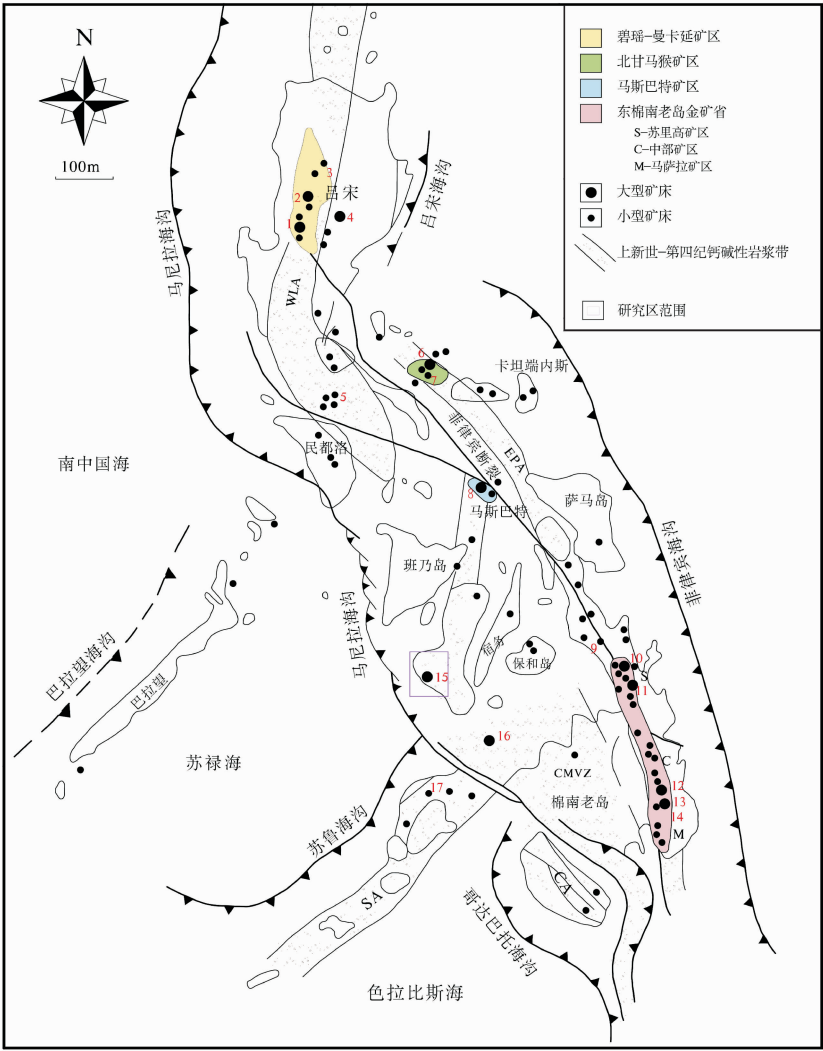


图 2 菲律宾金矿分布及成矿远景图<sup>[6]</sup>

Fig. 2 Distribution and mineralization prospect map of gold deposits in Philippines

游,与下伏岩层呈角度不整合接触。

第四纪(Qal 建造):由未固结砾石、砂和粉砂组成。沿河流下游和海岸线分布。

2.2 岩浆岩

该区岩浆活动强烈,主要有中粒石英闪长岩和石英闪长斑岩,分布于西南部 Tayaban 河和 Pagatban 河两岸,呈 NNW—SSE 向,沿锡帕莱河可见少量露头侵入于 BF 建造中,接触部位有许多 BF 建造捕掳体,闪长岩年龄大多为晚渐新世;其次,有少量辉长岩出露,现分述如下:

石英闪长岩:该区中西部的 Capayasan、Paling Camay、Sangke 石英闪长岩,具有全晶质等粒结构,主要矿物有石英、钾长石、斜长石、角闪石和黑云母;次要矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石、绿泥石、绿帘石和锆石。角闪石部分蚀变为绿泥石,绿帘石和榍石。斜长石具清晰的聚片双晶和条状,有时有绢云母化。

石英闪长斑岩:该区中部 Damaton Valley 北东部石英闪长斑岩,斑晶主要为斜长石、角闪石、磁铁矿和磷灰石,基质由石英、钾长石、斜长石、磁铁矿、绿泥石、方解石和绿帘石组成。为全结晶质、斑状结构,块状构造。具强磁铁化、绿泥石化和绿帘石化。

辉长岩:西海岸锡帕莱辉长岩,主要矿物为斜长石、辉石或斜方辉石、石英,次要矿物有磁铁矿、磷灰石、榍石、绿帘石和方解石。为全晶质等粒状结构,块状构造。

2.3 地质构造特征

区域总体构造线以北北西向为主,此外还有北北东向和北东向两组,基本上是交切的。矿区内断裂构造以北北东向(近南北向)、北东向及东西向为主,坎西比特矿床即位于北北东向和北东向两组断层的交汇处。

内格罗斯海沟的俯冲作用强烈改造该区的基底



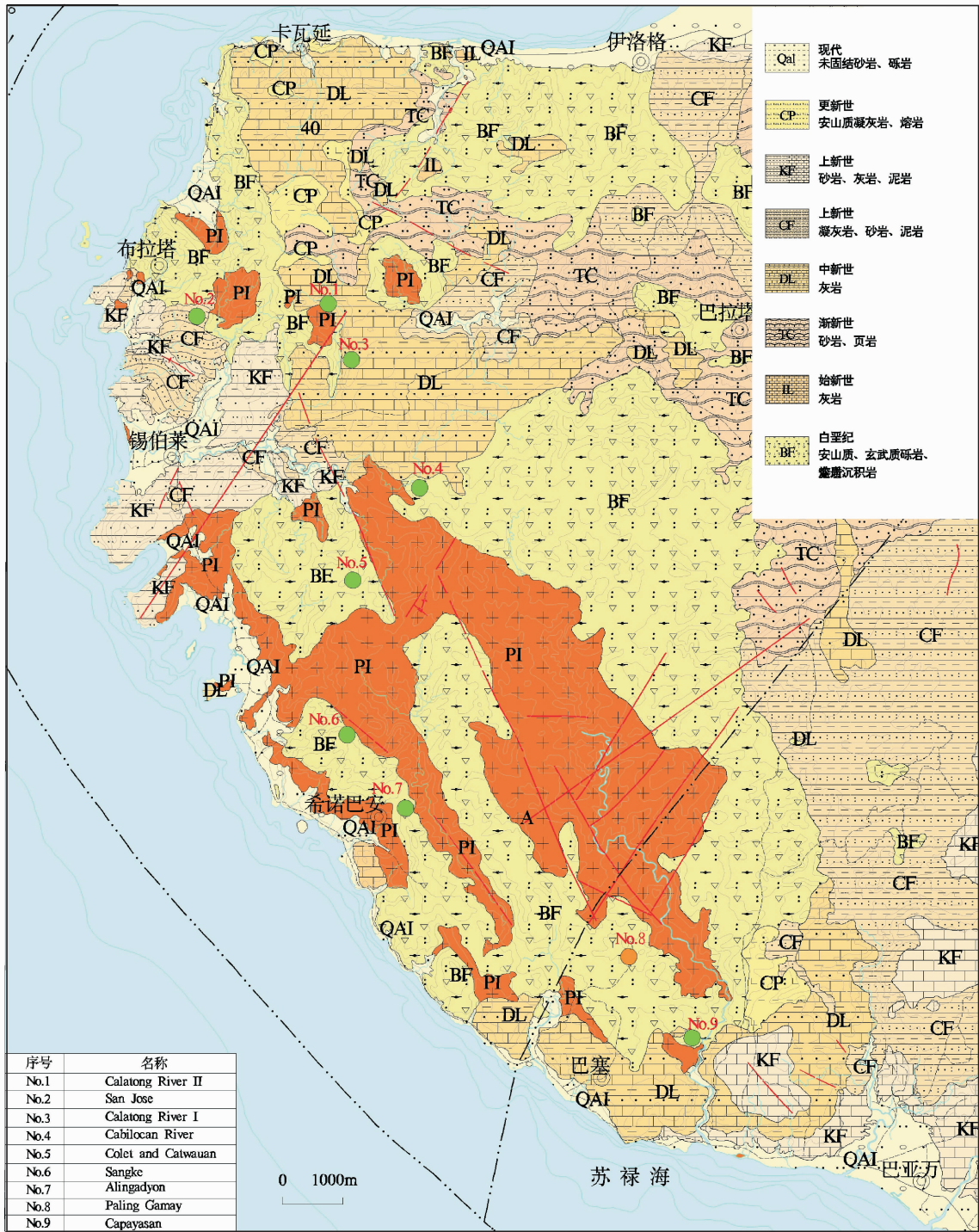


图 3 菲律宾内格罗斯西部地质简图[7]

Fig. 3 Generalized geologic map of the western Negros in Philippines

建造,尽管该区多数剪切带未发现明显的断裂,但这些剪切带常具有矿石矿物如黄铁矿,这表明剪切带与成矿作用之间存在某种关系,锡帕莱地区剪切带主要为北东—南西向,与侵入体走向一致,这些剪切带的形成归因于侵入作用至成矿阶段复杂的张力和应力的共同作用。沉积岩倾角一般较低,褶皱为单斜挠褶(弯曲)型。

3 主要矿床特征

该区目前有 9 个已知矿床(图 3),8 个铜矿床,一个金矿床,其中有 2 个正在开采,3 个开采后停产,2 个已勘探(1 个金矿床),2 个正在勘探,这些矿床的具体特征见表 1。其共同的成矿地质特征如下。

3.1 成矿岩体

该区成矿岩体以石英闪长(斑)岩及闪长(斑)岩为主。与成矿有关的侵入体多为规模不大的小岩株,出露面积一般<10 km<sup>2</sup>。一些地区的含矿岩体在空间上常围绕大岩体产出。所有斑岩铜矿的含矿侵入体都形成于第三纪。

3.2 含矿围岩

该区与矿有关的地层主要为白垩纪玄武质—安山质—凝灰角砾岩、角砾凝灰岩和熔岩建造(BF 建造),坎西比特安山—英安质火山岩建造及塔帮—塔帮基性火山岩、沉积岩建造。

3.3 蚀变分带

该区斑岩铜矿床的热液蚀变强烈,其蚀变特征与典型斑岩型铜矿床的“闪长岩模式”相似,不同矿床的蚀变虽有不同,但一般均有较好的蚀变分带:

钾化带(石英-黑云母-钾长石化带):位于蚀变

晕的中心部位。带中黑云母及钾长石交代强烈,以细脉状为主,亦可见团块状交代现象。黑云母化和钾长石化发育的程度因矿床而异,有的矿床以黑云母化为主,有的则以钾长石化为主,但不少矿床是两者均较发育。

此外,伴随钾长石化(或黑云母化)还有大量的网脉状石英发育,该带是高品位斑岩型铜矿石产出部位。

千枚岩化带(石英-绢云母化带):位于蚀变晕的中间部位。主要蚀变矿物为绢云母和石英,有时有少量次生黑云母和绿泥石。

一般带内的石英网脉不如钾化带发育,该带也是重要的矿化部位,但铜品位一般较低。

青盘岩化带(绿泥石-绿帘石化带):属于蚀变晕的外带。主要蚀变矿物有绿泥石、绿帘石、方解石。部分矿床尚有阳起石、沸石。该带铜矿化微弱。

粘土化一般不发育,仅在部分矿床零星分布。

表 1 内格罗斯西部斑岩型铜矿及热液型金矿地质特征

Table 1 Geologic features of porphyry copper deposits and hydrothermal gold deposits in the western Negros, Philippines

矿产地	矿床类型	围岩和岩浆岩	概况
Calatong River II	斑岩铜矿	BF 建造,安山岩,石英闪长岩	强硅化,蚀变带位于安山岩和石英闪长岩接触带,孔雀石堆集、黄铁矿沿剪切带分布,硅化、绿泥石化和绢云母化。
San Jose	斑岩铜矿	安山质火山碎屑岩,石英闪长岩,英安岩	矿化 70%富集在角闪石石英闪长岩中,30%富集在变火山岩中。高铜品位产在高硅化和碎裂带,呈脉状和浸染状,黄铜矿、原生斑铜矿、黄铁矿、辉钼矿呈浸染状细脉产出
Calatong River I	斑岩铜矿	BE 建造,安山岩	强硅化、沿剪切带方向(NNW_SSE)的蚀变安山岩,黄铜矿、黄铁矿和孔雀石。
Cabilocan River	斑岩铜矿	BF 建造,安山岩	硅化、绿泥石化安山岩;黄铁矿和黄铜矿呈浸染状。
Colet and Canwanan	斑岩铜矿	BF 建造,安山岩	硅化、绿泥石化,沿剪切带分布的安山岩;沿石英和脉石剪切带分布的浸染状黄铁矿、黄铜矿。
Sangke	斑岩铜矿	石英闪长岩	剪切带(N-S 至 NW-SE)含孔雀石、黄铁矿、少量黄铜矿;粘土为脉石。
Alingadyon	斑岩铜矿	BF 建造,安山岩	剪切带(NW-SW)位于安山岩和石英闪长岩边缘;黄铜矿、孔雀石和黄铜矿呈浸染状,粘土为脉石。
Paling Gamay	低温热液脉型金矿	石英闪长岩	在 Jinoba-an 东 3 km 石英闪长岩中有含金石英脉,经历强氧化作用。
Copayasan	斑岩铜矿	BF 建造,安山岩石英闪长岩	网状石英和粘土(N-S)位于安山岩和石英闪长岩边缘,矿石矿物为孔雀石、蓝铜矿。

3.4 矿化特征

该区内各矿床均有主矿体,虽矿体形态不同,但平面上多呈圆形或椭圆形,少数呈长条状。石英网脉发育程度与矿化富集关系密切。特别是富矿部位,密集的石英细脉呈网状穿插。石英脉宽一般为 1~2.0 mm。脉中含金属硫化物。含硫化物的石英脉中辉石英颗粒较粗,多为糖粒状。硫化物呈细脉

浸染状产出。其中多数矿床以细脉状为主,少数为浸染状,如锡帕莱斑岩型铜矿床,矿石以浸染状为主,细脉状次之,原生金属矿物以黄铁矿,黄铜矿为主,有少量的斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿,次生富集作用不强,氧化矿石中有斑铜矿、辉铜矿、孔雀石、铜蓝等。金矿物以自然金为主。原生矿石中铜含量不高,多数在 0.5% 以下。伴生金含量较高,原

矿伴生金含量都超过 0. 2 g/t,综合回收效益高。

3.5 控矿构造

该区构造风向主要以北北西向为主,其次为近北东向。这两组构造控制了该区侵入岩的分布。矿床的产出部位受两组或多组断层控制。所有矿床的矿化带各种热液脉受裂隙控制,富矿体的产出明显受裂隙带或裂隙交叉部位的控制。

Paling Gamay(含金石英脉)是该区目前完成勘探的一个含金石英脉型金矿床,含金石英脉产在 Juinoba-an 东部 3km 处石英闪长岩体中及与围岩接触带,多处可见受裂隙控制的含金石英细脉。

4 控矿因素

(1)构造控制因素。该区断裂以北北西向为主,其次为近北东向。与成矿关系最为密切的断裂为北东向,是区内主要的导岩导矿构造,控制着本区地层、岩浆岩和铜、金矿化带的展布,为成矿作用提供了通道。矿床的产出部位多受两组或二组以上断裂控制,矿化带受裂隙带控制

(2)岩浆岩控制因素。该区成矿岩体主要为古新世的中性闪长斑岩,石英闪长斑岩。中性岩浆上升侵入为铜、金元素的活化、迁移和富集提供了充足的热源和矿源。

(3)围岩控制因素。白垩系火山碎屑岩是该区铜、金等成矿的主要围岩。当古新世闪长斑岩岩浆上升侵入过程中,一方面萃取了火山碎屑岩中的铜、金等含矿物质,并随含矿热液迁移,另一方面在其接触带富集、沉淀成矿。因此,白垩系火山碎屑岩为矿床的形成提供了部分矿源和矿质聚集沉淀的场所,是该区斑岩型铜、金等成矿的最有利围岩控制因素。

5 找矿方向

通过内格罗斯岛西北部区域地质背景、成矿地质条件、成矿控制因素以及外围地质调查分析,认为该区进一步找矿方向如下:

(1)不同方向的断裂交叉部位。内格罗斯岛西北部断裂以北北西为主,其次为北东向,矿区断裂则以北北东向(近南北向)北东向为主,东西向次之。岩体、矿床受断裂带及其交叉部位控制。因此在不同方向断裂交叉部位及其附近可作为寻找斑岩型铜矿有利地段。

(2)闪长(斑)岩体和石英闪长(斑)岩体及其附

近地段。由于该区成矿岩体为闪长(斑)岩和石英闪长(斑)岩,矿体均产在岩体内部及其与围岩接触带附近。因此,闪长(斑)岩和石英闪长(斑)岩体内部及其与围岩接触带为进一步寻找铜金矿的有利地段。

(3)白垩系火山碎屑岩地层。该区矿床的成矿围岩均为白垩系火山碎屑岩层,分布较为广泛。当其与闪长(斑)岩和石英闪长(斑)岩接触时,往往有矿体产生。因此,在其与闪长(斑)岩和石英闪长(斑)岩体接触部位可能是寻找铜金矿的有利部位。

(4)围岩蚀变分带。由于闪长(斑)岩浆或石英闪长(斑)岩浆由下而上或斜向上侵产生围绕岩体的垂向、侧向或斜向、上下蚀变分带,强度由下而上、由中心向两侧减弱。可依据地表的弱蚀变向下、向中心或向斜下方寻找强蚀变带以致铜、金矿体。因此,地表弱蚀变可能是寻找铜、金矿的有利部位。

**致谢:**在野外地质调查中,得到菲律宾矿业与地质科学局 MR. CONRADO R. MIRANDA 的支持和帮助,PHILEX 铜矿公司提供了部分矿区资料,在此表示感谢!

参考文献

[1] Aurelio M A, Pena R E. Geology and mineral resources of the Philippines[R]. Quezon: Mines and Geosciences Bureau,2002.

[2] 蔡宏渊. 菲律宾斑岩铜矿地质特征及找矿勘探[J]. 地质与勘探,1979,(5):31-42.

[3] 罗明强. 菲律宾斑岩型铜矿成矿背景[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2011,30(1):47-54.

[4] Mines and Geosciences Bureau. Mineral Resource Information Series No. 5: Copper[R]. Quezon: Mines and Geosciences Bureau,2005.

[5] 中国地质调查局. 2009 年境外矿产信息发布与矿产勘查论坛之十三: 菲律宾、老挝[R]. 北京:中国地质调查局,2009: 3-145.

[6] 中国地质调查局南京地质调查中心. 菲律宾优势矿产资源区域成矿规律与潜力分析研究专题成果报告[R]. 南京:中国地质调查局南京地质调查中心,2014: 27-29.

[7] 中国地质调查局南京地质调查中心. 菲律宾中部地区铜、铬、铁和镍矿产资源潜力调查与评价项目成果报告[R]. 南京:中国地质调查局南京地质调查中心,2015: 123.

# Geological characteristics and prospecting directions of the western Negros, Philippines

CHEN Dan-dan,GAO Tian-shan,ZHOU Xiao-hua

(*Nanjing Center,China Geological Survey,Nanjing 210016,China*)

**Abstract:**Based on field geological and mineral survey,and geological data collected from the western Negros,Philippines,it is analyzed the regional geological backgrounds,geological condition of mineralization and mineralization controlling factors of the copper and gold deposits in this area. The result shows that the porphyry copper deposits and hydrothermal gold deposits are related to Negros arc magmatic belt, mainly controlled by regional faulted structural fracture zones, diorites and Cretaceous volcanic clastic rocks,and the similar positions or nearby areas are favorable locations for prospecting copper-gold deposits,which having important significance for further prospecting for porphyry copper deposits and hydrothermal gold deposits in the future.

**Key words:**porphyry copper deposit; hydrothermal gold deposit; arc magmatic rock; The western Negros