

文章编号: 0258-7106(2013)02-0244-15

滇西北衙超大型金多金属矿床成因类型及成矿规律^{*}

和中华¹, 周云满¹ 和文言², 苏纲生¹, 李万华¹, 杨绍文¹

(1 云南黄金矿业集团股份有限公司, 云南 昆明 650224; 2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 地球科学与资源学院, 北京 100083)

摘 要 北衙金多金属矿床的找矿工作近年取得了重大突破, 使金矿储量达到超大型矿床规模, 共、伴生铅、银、铜、铁、硫矿也达到大-中型规模。对北衙矿床的成因类型和成矿规律的综合研究及地质勘查工作成果表明, 矿床受控于喜马拉雅期富碱斑岩与 T_2b 碳酸盐岩的内、外接触带, 属于与喜马拉雅期富碱斑岩有关的矽卡岩-热液型金多金属矿床。矿床类型包括矽卡岩型、层间破碎带型(含硅-钙面型)、裂隙脉型以及表生作用形成的风化-堆积型。喜马拉雅期富碱斑岩是矿床形成最关键的控矿因素, 以斑岩体为中心, 从斑岩内部→接触带→外带→远程, 成矿元素有从 Cu-Au→Au-Cu-Fe→Au-Fe→Au-Fe-Pb→Pb-Ag 的分带规律。北衙地区构造-岩浆-流体活动强烈, 成矿物质来源丰富, 矿化期次复杂且类型多样, 成矿空间范围广, 成矿地质条件优越, 深部及外围仍具有巨大的找矿潜力。

关键词 地质学 斑岩-矽卡岩型金多金属矿 成矿规律 成矿模式 滇西北衙

中图分类号 P618.51

文献标志码 A

Genetic types and metallogenic regularity of Beiya superlarge gold-polymetallic deposit, northwestern Yunnan

HE ZhongHua¹, ZHOU YunMan¹, HE WenYan², SU GangSheng¹, LI WanHua¹ and YANG ShaoWen¹

(1 Yunnan Gold and Mineral Group Co. Ltd., Kunming 650224, Yunnan, China; 2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract

In recent years, the prospecting of the Beiya gold-polymetallic ore district has made important breakthrough through the study of metallogenic regularity. The Au reserves rank the superlarge class, while Zn, Pb, Ag, Cu, Fe reserves also rank the middle-large class. Based on data obtained from recent research and exploration, this paper discussed the genetic types and metallogenic regularity of the Beiya gold-polymetallic deposit. The Beiya deposit is located in the skarn contact zone between Himalayan alkali-rich porphyry and Triassic T_2b carbonatite. In the orefield, the main kind of Beiya deposit is hydrothermal type related to Himalayan alkali-rich porphyry, and it can be subdivided into four types. There are skarn-type, breccia-type and vein-type. The subordinate kind of the Beiya deposit is the accumulated weathering gold ore type formed by hypergenesis. It includes two types: palaeo-weathering crust type and residual-diluvial type. The Himalayan alkali-rich porphyry is the most important ore-controlling factor. The main ore body is hosted in the skarn contact zone between the Himalayan alkali-rich porphyry and the Triassic carbonatite. The fracture zone in the porphyry and the interbedded

^{*} 本文得到国土资源部公益性行业专项“我国典型金属矿科学基地研究”(200911007)和云南黄金矿业集团股份有限公司科研项目“滇西地区金多金属矿成矿规律及成矿系列研究”的联合资助

第一作者简介 和中华, 男, 1955年生, 高级工程师, 长期从事地质矿产勘查、矿床地质及找矿预测研究工作。Email: hezh@ygmng.net

收稿日期 2012-05-18; 改回日期 2012-09-13。张绮玲编辑。

and cracked fracture zones outside the porphyry are the secondary important locations of ore bodies. With the Wandongshan porphyry intrusion as the center, the ore-forming elements show metallogenetic zonation. From the interior of the porphyry intrusion through the contact zone and the outer zone outwards, there exists zoning of Cu-Au→Au-Cu-Fe→Au-Fe→Au-Fe-Pb→Pb-Ag correspondingly. Because of the strong magma-fluid- tectonic activities, the Beiya gold-polymetallic deposit has abundant sources of ore-forming materials, complicated ore-forming stages, various metallogenic types and wide ore-forming space. As a result, there is huge potential for prospecting in the depth and the outskirts of the Beiya gold-polymetallic deposit.

Key words: geology, porphyry-skarn type gold-polymetallic deposit, regularity of ore formation, metallogenetic model, Beiya in Northwestern Yunnan

云南鹤庆北衙金多金属矿床是一个开采历史悠久的老矿山,明朝万历-清朝嘉庆年间即设衙门采铅炼银。1949年后兴建北衙铅矿,选冶高铅古炉渣。1982年至21世纪初,曾有多家地勘单位和科研院校对矿区浅部进行金矿勘查找矿和科研工作,取得了较丰富的地质成果。前人已对北衙金矿田斑岩的岩石类型与年龄、矿床类型、成矿特征及成因等进行了讨论与研究(蔡新平,1993;蔡新平等,1991a;1991b;2002;甫为民等,1994;甫为民,1994;邓万明等,1998a;1998b;张学书,1998;刘秉光等,1999;李元等,1999;梁光河等,2000;崔银亮等,2003;马德云等,2001;2003;任治机等,2001;葛良胜等,2002;郭远生等,2005;李晓勇,2002;晏建国等,2002;2003;杨世瑜等,2002;刘建云,2003;2004;张继荣等,2004;肖骑彬等,2003;徐兴旺等,2003;2006;2007;薛传东等,2008;肖晓牛,2009;肖晓牛等,2009;2011;吴开兴,2005;邓军等,2010;和文言等,2012)。但已有的勘查和研究工作主要限于浅部—中部(氧化带—原生带顶部)。自2008年以来,云南黄金矿业集团股份有限公司在前人工作的基础上,重新梳理、认识、总结成矿规律,建立了新的矿床模型,对矿区中-深部持续开展地质勘查工作,在岩体接触带发现了厚大的原生矿体。截止2012年,矿区金矿资源/储量已大于200 t,矿床平均品位 $\alpha(\text{Au})$ 为2.45 g/t,达到超大型规模,共伴生铅、锌、银、铜、铁、硫也分别到达大-中型规模。由于找矿获得重大突破,荣获中国地质学会“2011年全国十大地质找矿成果”奖。矿山年生产黄金规模达到5吨,成为云南最大的金多金属矿床和黄金矿山。本文主要对近年来深部勘查取得的新成果,包括矿床地质特征、矿床成因类型、成矿规律及成矿模式进行总结,旨在为进一步研究区域成矿规律和指导矿田及区域上的找矿勘查提供新的资料。

1 区域成矿地质背景

北衙金多金属矿床位于德格-中甸陆块、扬子陆块与兰坪-思茅陆块三个Ⅰ级构造单元结合部东侧,地处扬子陆块西缘的丽江陆缘褶断带西南缘的鹤庆陆缘拗陷,被夹持在NNW向金沙江-红河断裂、NE向宾川-程海断裂和丽江-木里断裂之间(图1)。区域内上震旦统和寒武系分布零星,为镁质碳酸盐岩和砂泥质建造;奥陶系—中三叠统为滨浅海碳酸盐岩和砂泥质建造;印支期—燕山期全区隆起,新生代始新世—新近纪在山间盆地中堆积了磨拉石和含煤建造(云南省地质矿产局,1990)。区域构造主要为近SN向的马鞍山断裂和EW向隐伏断裂。马鞍山断裂控制了由北向南分布的狮子山、万洞山、红泥塘、大沙地、焦石洞、老马涧等喜马拉雅期环状斑岩体、岩株和隐伏岩体的产出。近EW向隐伏构造控制着由西向东分布的南大坪、马头湾、红泥塘、大沙地、笔架山、白沙井等喜马拉雅期斑岩体的产出。区域内岩浆活动频繁,基性、中性、酸性及碱性岩类均有发育,可划分为3个时期:华力西期以基性辉长岩、二叠纪玄武岩为主;燕山期—早喜马拉雅期主要为富碱的石英斑岩、辉石正长岩、花岗斑岩及石英闪长岩,并有较多的后期正长斑岩、煌斑岩脉在区内成群成带展布;喜马拉雅期主要为中酸性富碱斑岩的侵入及苦橄玄武岩、橄斑玄武岩、碱性岩的喷溢,分布于金沙江-红河超壳断裂带附近,构成规模巨大的金沙江-哀牢山富碱斑岩带。北衙矿区及其外围的富碱岩体位于该带中南部的松桂-北衙富碱斑岩群(区)内。区域矿产以贵金属、有色金属为主,黑色金属次之,矿床类型有斑岩型、矽卡岩型、热液脉型等。矿床分布与富碱斑岩密切相关,北衙超大型金多金属矿床是区域内与富碱斑岩有关的典型矿床之一。

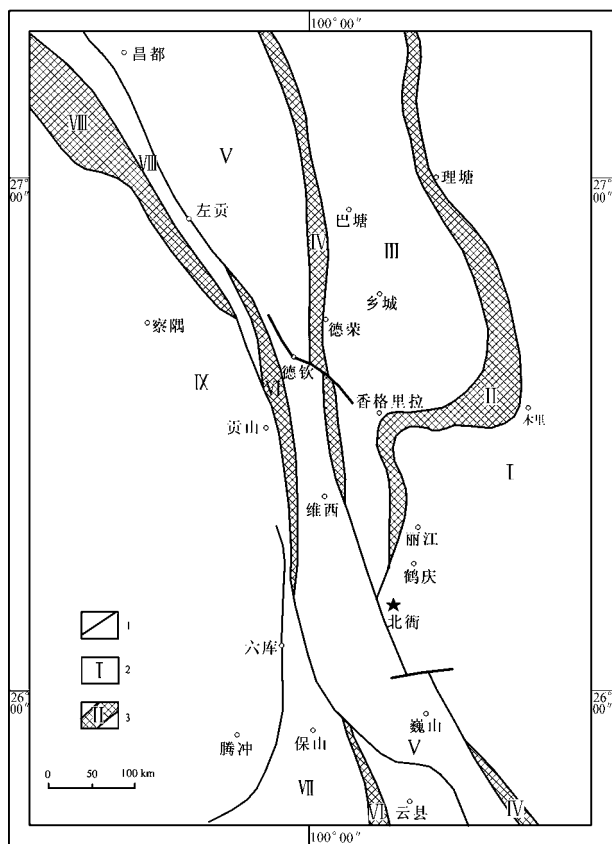


图 1 云南鹤庆北衙矿区大地构造位置图

1—构造单元界线;2—陆块;3—结合带;I—扬子板块;II—甘孜-理塘结合带;III—德格-中甸陆块;IV—金沙江-哀牢山结合带;V—昌都-思茅陆块;VI—澜沧江结合带;VII—左贡-保山陆块;VIII—班公湖-怒江结合带;IX—察隅-梁河陆块

Fig. 1 Geotectonic setting of the Beiya ore district

1—Limits of tectonic units; 2—Blocks; 3—Suture; I—Yangtze plate; II—Ganzi-Litang suture; III—Dege-Zhongdian block; IV—Jinsha River-Ailao Mountain suture; V—Changdu-Simao block; VI—Lancang River suture; VII—Zuogong-Baoshan block; VIII—Bangonghu-Nujiang suture; IX—Chayu-Lianghe block

2 矿床地质及富碱斑岩特征

2.1 矿床地质特征

北衙矿区位于 NNE 向的马鞍山复背斜南部翘起端东翼之次级北衙向斜中。矿区大致以北衙向斜轴部为界分为东、西 2 个矿带:东带包括桅杆坡、笔架山、锅盖山矿段,西带包括万洞山、红泥塘、金沟坝矿段(图 2)。

矿区出露地层由古至新有二叠系上统峨眉山玄武岩组($P_2\beta$)灰绿色玄武岩,厚>250 m;三叠系下统

青天堡组(T_{1q})长石砂岩、角岩化杂砂岩,顶部夹薄层状泥质灰岩、细晶灰岩,厚 175~350 m;三叠系中统北衙组(T_{2b})细晶灰岩夹似角砾状灰岩、蠕虫状灰岩、泥质灰岩、砂屑灰岩等,厚 138~531 m;第四系更新统蛇山组(Q_{1s})复成分砾砂黏土、细砂、砂砾层,厚 0~175.66 m;更新统(Q_p)灰质角砾岩(次生胶结),厚 0~105.96 m;全新统(Q_4)黏土、砂砾和岩块,厚 0~21.07 m。

矿区第四系更新统(Q_p)及蛇山组(Q_{1s})自 1993 年划分为古近系始新统丽江组二段(E_2l^2)及丽江组一段(E_2l^1)以来,时代一直存在争议。本次根据它们与北衙组、石英正长斑岩及金多金属矿体的不整合接触关系以及岩性特征、灰质角砾岩测年资料等,重新厘定为第四系更新统(Q_p)及蛇山组(Q_{1s})。

矿区褶皱主要为 SN 向北衙向斜,地貌上形成 SN 向北衙山间盆地。两翼局部地段受断层和岩浆侵入的影响,次级褶皱、断层以及节理、裂隙发育。矿区断层主要有 2 组:一组近 SN 向,另一组近 EW 向。前者为控矿断裂,后者为破矿断裂。

矿区发育基性、中性、酸性及碱性岩浆岩。华力西期以玄武岩为主,早喜马拉雅期主要为石英钠长斑岩、煌斑岩脉,喜马拉雅中期主要为石英正长斑岩、正长斑岩、震碎角砾岩、隐爆角砾岩等,喜马拉雅晚期为黑云正长斑岩与煌斑岩脉。中期的正长斑岩与金多金属成矿作用关系最密切。

主矿体产于喜马拉雅期富碱斑岩与 T_{2b} 碳酸盐岩的内、外接触带中,其次有表生作用形成的风化-堆积型(残坡积型)矿体,产于 Q_{1s} 与 T_{2b} 及斑岩体不整合面上。目前圈定出金、铁、铜、银、铅、锌多金属矿体大小 400 余个,其中规模较大的矿体有 12 个(云南黄金矿业集团股份有限公司,2011)。主矿体为 KT52,主要矿体是 KT4、KT54,次要矿体 9 个,它们是 KT3、KT47A、KT47B、KT49、KT50、KT53、KT55、KT56A、KT56B。各矿体主要特征见表 1。金矿床规模达到超大型,共、伴生矿产银、铅、锌、硫达到大型规模,铁、铜达到中型规模。

2.2 富碱斑岩特征

矿区内出露岩浆岩以喜马拉雅期形成的浅成侵入富碱斑岩为主,分布有 9 个岩体,除大沙地岩体为隐伏岩体外,其他 8 个岩体地表出露总面积 0.34 km²,岩体规模较小,最大的红泥塘岩体也只有约 0.096 km²。岩石类型以石英正长斑岩为主,其次为

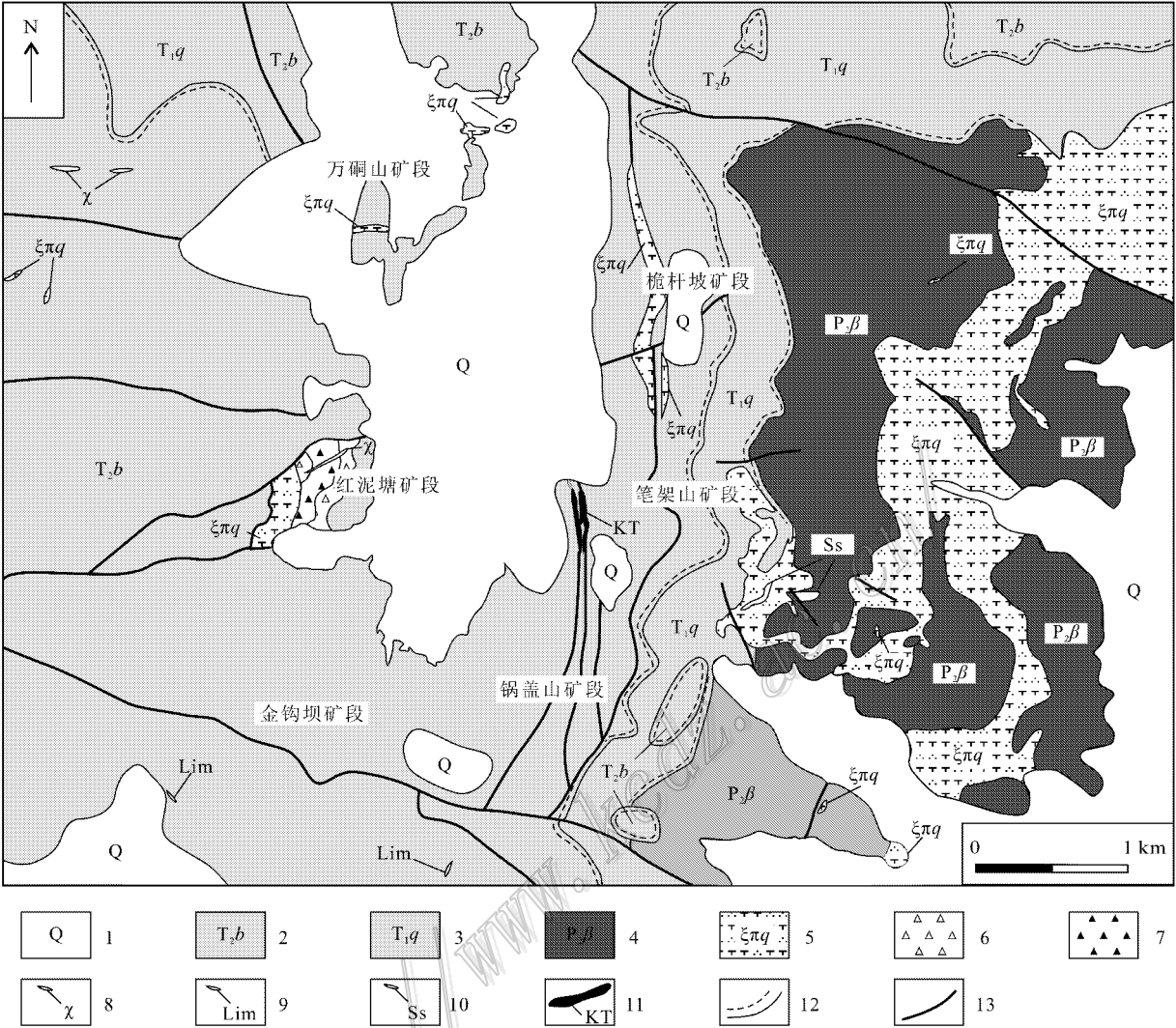


图 2 北衙金多金属矿区地质略图

1—第四系沉积物；2—三叠系中统北衙组灰岩；3—三叠系下统青天堡组砂岩；4—二叠系上统峨眉山组玄武岩；5—石英正长斑岩；6—震碎角砾岩；7—隐爆角砾岩；8—煌斑岩脉；9—褐铁矿脉；10—砂岩；11—矿体及编号；12—实测及推测地质界线；13—断层

Fig. 2 Simplified geological map of the Beiya gold-polymetallic deposit

1—Quaternary sedimentary；2—Limestone of Middle Triassic Beiya Formation；3—Sandstone of Lower Triassic Qingtianbao Formation；4—Basalt of Upper Permian Emeishan Formation；5—Quartz orthophyre；6—Shatter breccia；7—Cryptoexplosive breccia；8—Lamprophyre vein；9—Limonite vein；10—Sandstone；11—Ore body and its serial number；12—Measured and inferred geological boundaries；13—Faults

正长斑岩、黑云母石英正长斑岩及煌斑岩脉，在万洞山矿段的深部钻孔中还有见有石英钠长斑岩。

斑岩体分布于北衙向斜两翼，其展布主要受向斜两翼 NNE 向、NNW 向 2 组断层控制，岩体分异、分相不明显。岩体与围岩呈不规则状侵入接触或断层接触。斑岩体绝大部分呈近南北走向，倾向西，倾角 21~85°不等。平面上呈脉状，剖面上呈钟状、脉状，局部为透镜状。其中万洞山半隐伏岩体、大沙地

隐伏岩体、红泥塘岩体规模较大，呈岩株状，南北长 360~1100 m，东西宽 160~600 m。其余主要为岩脉、岩墙和岩床（表 2）。

矿区富碱斑岩活动分为 3 期：早期的石英钠长斑岩和煌斑岩在 60~65 Ma 侵位；中期石英正长斑岩和煌斑岩的侵入时间为 36~32 Ma、26~24 Ma；晚期的黑云母石英正长斑岩在 3.66~3.78 Ma 侵位于河湖相砂砾岩和黏土岩中（徐兴旺等，2007；薛传

表 1 北衙金多金属矿区主要矿体主要特征
Table 1 Main ore body characteristics of the Beiya gold-polymetallic deposit

矿体编号	矿体规模/m			主要矿体形态	平均品位 $\omega(B)/g/t$							矿体规模	矿石自然类型
	走向	延深	厚度		Au	TFe/%	mFe/%	Cu	Ag	Pb	Zn		
KT52	1360	540	0.86~103.76	似层状	2.68	35.69	24.42	0.42	42	1.29	0.33	特大型	原生矿石+岩金氧化矿石
KT4	1280	754	1.00~9.34	似层状、层状	1.63	33.30		0.16	15	2.73	0.68	近大型	残坡积型氧化矿石
KT54	500	210	0.45~38.85	似层状	2.19		20.45	0.59	21	0.07	0.04	中型	原生矿石
KT3	240	90	0.86~17.12	似层状	1.85	32.61		0.32	34	1.39	0.27	小型	残坡积型氧化矿石
KT47A	401	140	0.82~19.66	透镜状、似层状	2.13	37.06		0.18	29	1.40	0.38	小型	岩金型氧化矿石
KT47B	501	370	0.85~12.43	似层状	2.70	39.39		0.32	41	1.66	0.36	小型	岩金型氧化矿石
KT49	60	140	13.5~66.55	透镜状	2.01	43.34		0.34	32	0.34	0.10	小型	岩金型氧化矿石
KT50	80	110	3.69~18.37	脉状	1.86		23.23	0.39	13	0.06	0.07	小型	原生矿石
KT53	482	340	0.84~28.64	透镜状、似层状	2.14	26.22	23.75	0.38	56	1.82	0.39	小型	原生矿石
KT55	82	380	1.22~12.13	似层状	1.26		2.0	0.55	15	0.03	0.03	小型	原生矿石
KT56A	240	410	0.88~17.13	透镜状、似层状	1.92	30.52		0.27	39	1.90	0.60	小型	原生矿石+岩金型氧化矿石
KT56B	323	500	1.76~22.64	似层状	1.47	30.68		0.47	33	1.10	0.76	小型	原生矿石+岩金型氧化矿石

表 2 北衙金多金属矿区正长斑岩体特征及其与矿化关系
Table 2 Geological characteristics of syenite porphyry and relationship between the intrusion and the mineralization of the Beiya gold-polymetallic deposit

位置	岩性	规模/m		产状			形态	与矿化关系
		长	宽	走向	倾向	倾角		
万硐山	石英正长斑岩	1100	600	SN	W	43~85°	小岩株	接触带为主矿体赋存部位
红泥塘	石英正长斑岩	240	190	SN	W	40~88°	小岩株	接触带有矿化体
大沙地	石英正长斑岩	400	600	SN	W	35~40°	小岩株	接触带有矿体
北衙村北	黑云正长斑岩	180	10~16	近 EW	S	54°	岩脉	无矿化
小米地	石英正长斑岩	240	20~60	近 EW	S	62°	岩墙	无矿化
锅厂	石英正长斑岩	180	3~6	近 EW	N	80°	岩脉	岩体底部有褐铁-金矿化
桅杆坡	正长斑岩	1700	50~120	近 SN	W	30~40°	岩床	岩体底部附近局部矿化
笔架山东坡	正长斑岩	460	5~11	近 SN	W	20~40°	岩床	岩体顶底部附近矿化
笔架山西坡	正长斑岩	240	3~13	近 SN	W	60~78°	岩脉	岩脉顶底部附近矿化

东等 2008)。中期(36~24 Ma)石英正长斑岩的岩浆活动与金多金属矿化关系密切,主要矿体产于万硐山半隐伏石英正长斑岩体与北衙组碳酸盐围岩接触的矽卡岩带中,受富碱斑岩的控制。

石英正长斑岩的 $\omega(\text{SiO}_2)$ 为 68.03%~72.82%, 属硅过饱和(中国地质大学等, 2008)。里特曼指数为 3.51~5.16, 属碱性。 $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 高且变化小(在 13.45%~18.33% 之间)。A/CNK 为 0.83~1.20,

除石英钠长斑岩为 0.83~0.91, 属偏铝质外, 多数大于 1.1, 属过铝质。 $\omega(\text{Na}_2\text{O}) + \omega(\text{K}_2\text{O})$ 均大于 9%。 $\omega(\text{K}_2\text{O})/\omega(\text{Na}_2\text{O})$ 比值变化较大, 石英钠长斑岩 $\omega(\text{K}_2\text{O})/\omega(\text{Na}_2\text{O})$ 为 0.02~0.04, 其余在 1.51~20.21。所有富碱斑岩的 $\omega(\text{MgO})$ 较低, 在 0~0.42% 之间, $\text{Mg}^\#$ 值[$\text{Mg}^\# = 100 \omega(\text{MgO})/(\omega(\text{MgO}) + \omega(\text{FeO}))$] 为 0~27.51。 $\omega(\text{CaO})$ 为 0.03%~1.64%, $\omega(\text{TiO}_2)$ 普遍较低, 为 0.15%~0.45%。

岩石地球化学特征显示,富碱斑岩、煌斑岩及外围富碱斑岩的微量元素含量相似,含矿斑岩与煌斑岩微量元素配分曲线几乎完全重合,反映为同源的产物。矿区石英正长斑岩、石英钠长斑岩稀土元素总量相对较低,而黑云母石英正长斑岩稀土元素总量相对较高,煌斑岩稀土元素总量变化较大。含矿斑岩较无矿斑岩具有低的 REE 总量,无矿斑岩具弱的负 Eu 异常。

3 矿床成因类型

3.1 矿床成因类型及特征

根据矿体赋存部位、控矿构造、容矿岩石、矿化

蚀变、矿物组合、矿石结构构造、成矿时代、成矿作用等因素,判定北衙矿床是一个以金为主,同体共生铁、铜,伴生铅、锌、银,与喜马拉雅期富碱斑岩有关的矽卡岩-热液型金多金属矿床;其次为表生作用形成的风化-堆积型金矿床。北衙金多金属矿床可划分为 2 个矿床类型、5 个矿床亚类(表 3、图 3),特征如下。

(1) 矽卡岩型金多金属矿:该类型矿床主要为金-铁-铜等多金属矿体矿化,产出于万洞山石英正长斑岩体与 T_2b 碳酸盐岩接触带中,严格受接触带构造控制,产状随接触带变化而变化(图 4)。岩体及矿体总体走向近 SN 向,向西倾斜,向南侧伏。上盘(西侧)矽卡岩矿化带向西倾,形态较规则呈似层状,下

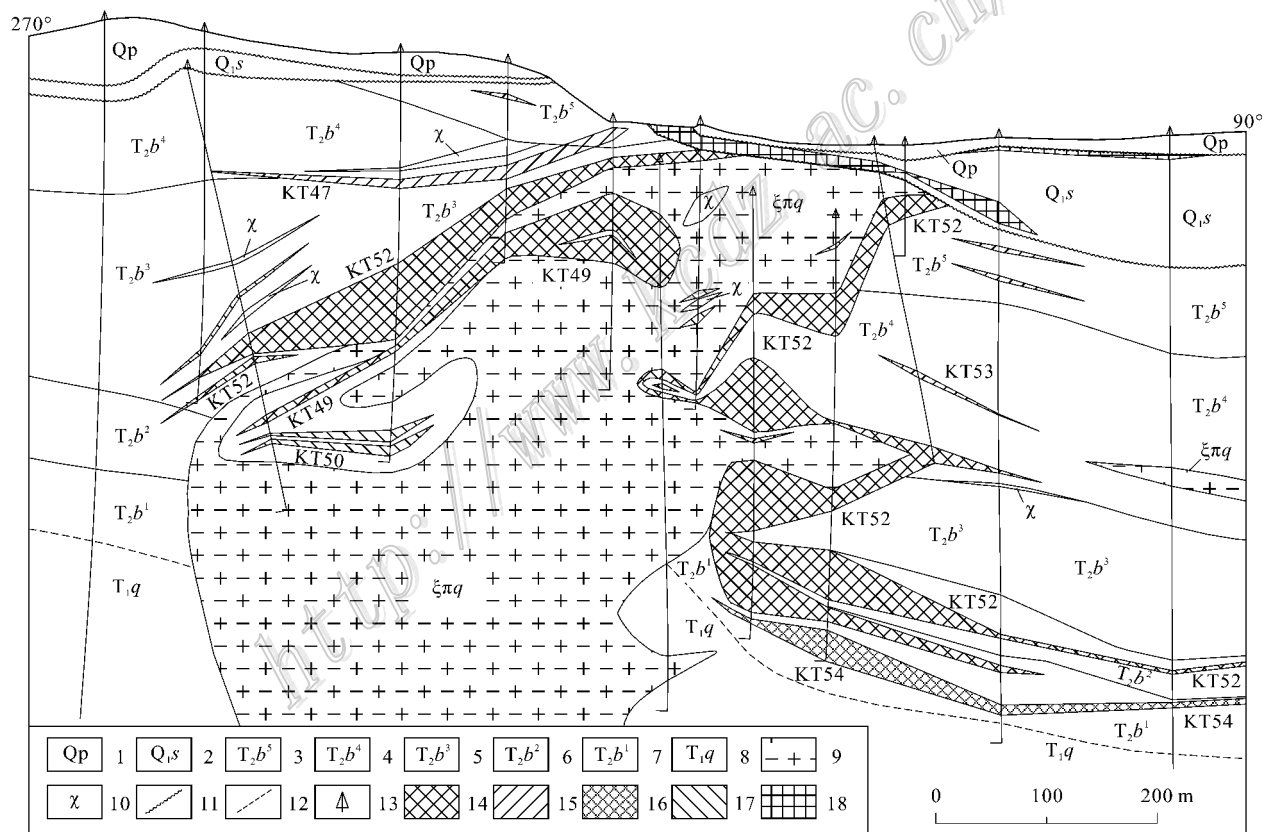


图 3 北衙金多金属矿 56 线剖面及矿体类型图

1—第四系更新统灰质砾砂岩;2—更新统蛇山组砂砾层;3—三叠系中统北衙组五段灰岩;4—三叠系中统北衙组四段灰岩;5—三叠系中统北衙组三段灰岩;6—三叠系中统北衙组二段灰岩;7—三叠系中统北衙组一段灰岩;8—三叠系下统青天堡组砂岩;9—喜马拉雅期石英正长斑岩;10—煌斑岩脉;11—角度不整合地质界线;12—平行不整合地质界线;13—钻孔;14—矽卡岩型矿体;15—层间破碎带型矿体;16—硅钙界面型矿体;17—热液脉型矿体;18—残坡积(红土)型矿体

Fig. 3 Geological section along No. 56 exploration line and deposit types of the Beiya gold-polymetallic deposit

1—Pleistocene line breccia; 2—Sandstone and gravel layer of Pleistocene Sheshan Formation; Limestone; 3—5th Member of Middle Triassic Beiya Formation; 4—4th Member of Middle Triassic Beiya Formation; 5—3rd Member of Middle Triassic Beiya Formation; 6—2nd Member of Middle Triassic Beiya Formation; 7—1st Member of Middle Triassic Beiya Formation; 8—Sandstone of Lower Triassic Qingtianbao Formation; 9—Himalayan quartz-orthophyre; 10—Lamprophyre dike; 11—Angular unconformity; 12—Parallel unconformity; 13—Drill hole; 14—Skarn type ore body; 15—Interlayer fracture zone type ore body; 16—Silicate-carbonate contact type ore body; 17—Hydrothermal vein type ore body; 18—Residual and diluvial (laterite) type ore body

表 3 北衙金多金属矿床类型及其地质特征简表

Table 3 Deposit types and geological characteristics of the Beiya gold-polymetallic deposit					与喜馬拉雅中期中富碱斑岩有关的砂卡岩-热液型金多金属矿床	
矿床类型	接触带砂卡岩型	层间破碎带型	岩性界面型	脉型	表生作用形成的风化-堆积型金矿床	
矿化元素	Au-Fe(Cu)	Au-Fe	Au-Fe(Cu), Pb-Ag	Au-Fe	Au-Fe	
矿体基本特征	矿体呈似层状产于富碱斑岩中, 围岩透镜状-似层状-脉状产于 T ₂ b 碳酸盐岩层间破碎带中, 走向长 400~600 m, 厚 0.82~19.66 m, w(Au) 0.8~22.10 g/t, w(TFe) 25.14%~64.84%	矿体呈透镜状-似层状-脉状产于 T ₂ b 碳酸盐岩层间破碎带附近, 走向长 500 m, 宽 600 m, 厚 0.45~38.85 m, w(Au) 0.03~17.30 g/t, w(TFe) 20.03%~49.94%, w(Cu) 0.2%~0.80%, w(Pb) 0.01~2.58%, w(Ag) 2.20~164 g/t	矿体呈透镜状-似层状-脉状产于 T ₂ b 碳酸盐岩及 T ₁ q 碎屑岩接触面附近, 走向长 500 m, 宽 600 m, 厚 0.45~38.85 m, w(Au) 0.03~17.30 g/t, w(TFe) 20.03%~49.94%, w(Cu) 0.2%~0.80%, w(Pb) 0.01~2.58%, w(Ag) 2.20~164 g/t	矿体呈透镜状、脉状、囊状产于岩体内部裂隙带中, 走向一般小于 100 m, 宽一般数十米, 厚 3.69~18.37 m; w(Au) 1.08~5.02 g/t, w(TFe) 21.04%~45.52%	矿体呈似层状、透镜状分布于 Q ₄ s 顶底不整合接触面上及 Q ₄ s 与 Q ₃ p 不整合接触面上, 走向长 240~1280 m, 宽 50~750 m, 厚 0.67~17.12 m, w(Au) 0.8~17.30 g/t, w(TFe) 25.02%~63.63%	
矿石矿物	褐铁矿、黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿、赤铁矿、方铅矿、磁黄铁矿、闪锌矿	褐铁矿、磁铁矿、孔雀石、方铅矿、闪锌矿	褐铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿	磁铁矿、褐铁矿、镜铁矿	褐铁矿、磁铁矿	
脉石矿物	石榴子石、透辉石、绿泥石、绿帘石、方解石、白云石、石英	方解石、白云石、石英、高岭土	方解石、白云石、石英、长石、石榴子石、绿帘石	石英、长石、透辉石、绿泥石、绿帘石、高岭土	黏土、砂砾石	
矿石结构构造	包含结构、他形粒状结构、自形晶结构、交代残余结构、块状构造、星点状构造等, 氧化矿具假象结构、胶状结构, 蜂巢状构造、土状构造、粉末状构造等	他形粒状结构、交代残余结构, 蜂巢状构造、土状构造、粉末状构造	粒状结构、包含结构、自形晶结构、交代残余结构、块状构造、星点状构造等	粒状结构, 包含结构、交代残余结构、块状构造、星点状构造等	胶状结构, 假象结构, 蜂巢状构造、土状构造、粉末状构造、块状构造	
蚀变类型	砂卡岩化、硅化、大理岩化、绿泥石化、碳酸盐化、磁铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化	黏土化、褐铁矿化、碳酸盐化	硅化、碳酸盐化、角岩化、砂卡岩化、黄铁矿化	黏土化、硅化、褐铁矿化、磁铁矿化、砂卡岩化	褐铁矿化、方解石化	
控矿因素	岩体侵入接触构造	层间构造破碎带	岩性界面, 具“层控”	节理裂隙带	不整合接触面	
矿床规模	金矿超大型, 共伴生矿铅锌、银、铜、铁矿大-中型	金矿小型, 共伴生矿铅、铝、银矿小型	金矿中-小型, 共伴生矿铅锌、银矿大-中型	金矿小型, 共伴生矿铅、银矿小型	金矿小-中型, 共伴生矿、银矿中型	
典型矿体	KT52	KT47A、KT47B	KT54	KT50	KT3、KT4	

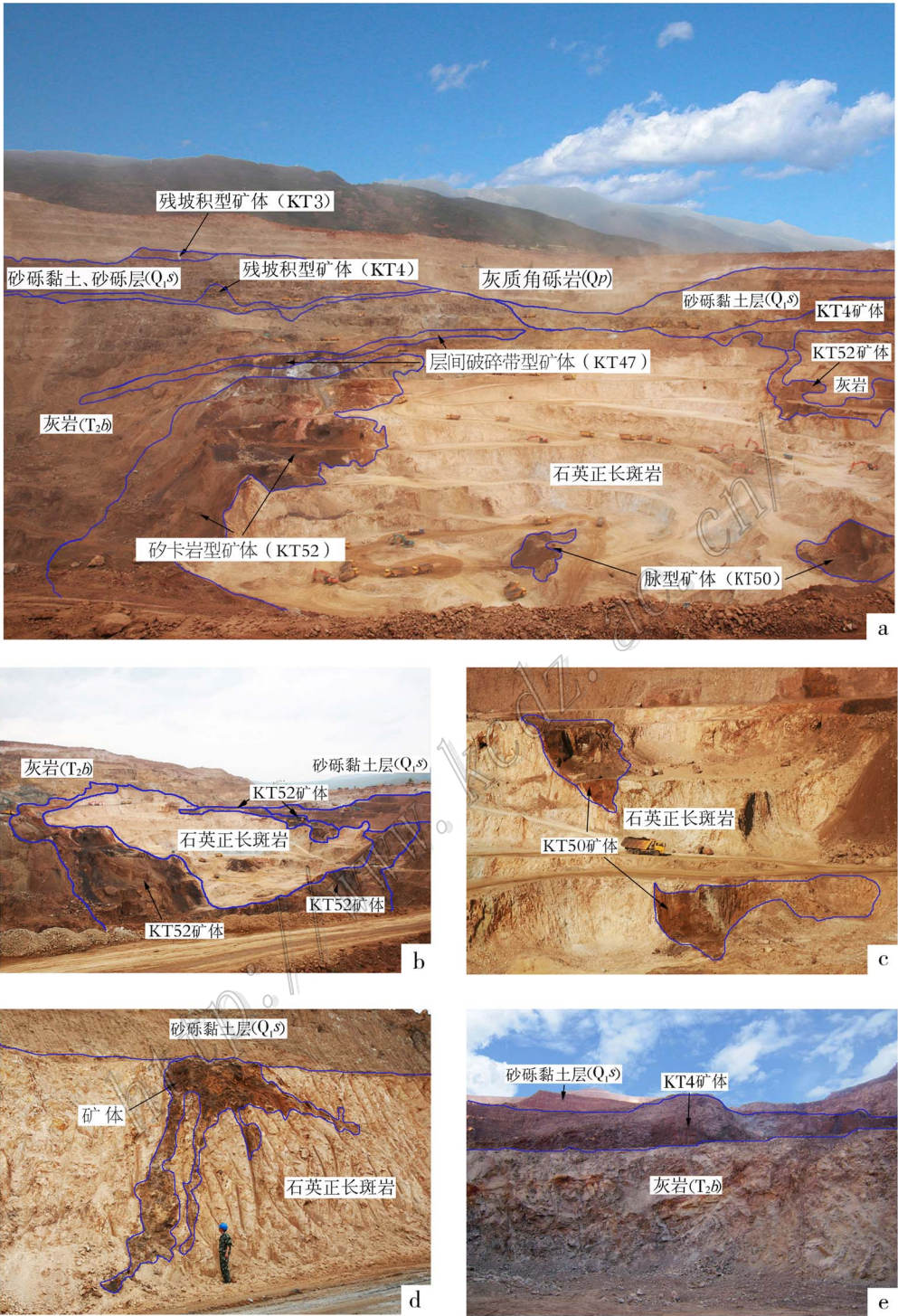


图 4 北衙金多金属矿矿体分布特征照片

a. 不同矿化类型矿体产出空间特征; b. 砂卡岩型矿体(KT52)沿岩体(ξπq)与 T_{2b} 碳酸盐岩接触带环状分布; c. 岩体(ξπq)内沿裂隙带产出的矿体(KT50); d. 岩体(ξπq)内不规则囊状矿体; e. KT4 矿体产于 Q_{1s} 与 T_{2b} 不整合接触面上

Fig. 4 Typical characteristics of mineralization in the Beiya gold-polymetallic deposit

a. Spatial characteristics of different mineralization types; b. Annular distribution of skarn type ore body (KT52) along contact between rock (ξπq) and T_{2b} carbonate; c. Ore body (KT50) hosted along fissure zone in rock (ξπq); d. Irregular ore pods hosted in rock (ξπq); e. Ore body (KT4) hosted along unconformity contact between Q_{1s} and T_{2b}

盘(东侧)矽卡岩矿化带产状随接触带变化较大,呈港湾状转折,局部侧向延入围岩,矿体空间上整体沿接触带围绕岩体呈环带状,走向长近 1400 m,宽 600~900 m,厚 0.8~104 m,品位: $\omega(\text{Au})$ 1.0~139 g/t, $\omega(\text{TFe})$ 20%~66.3%, $\omega(\text{Cu})$ 0.20%~18.40%。代表性矿体 KT52 属典型的矽卡岩型金多金属矿床,具矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、磁铁矿化、黄铜矿化、黄铁矿化、赤铁矿化、菱铁矿化等。矽卡岩型金多金属矿化是矿区最重要的矿化类型,资源储量占矿区总量的 80% 以上。

(2) 层间破碎带型金多金属矿: 主要分布于万洞山石英正长岩体上盘围岩 T_2b 碳酸盐岩层间破碎带中,产状与岩层一致,呈似层状、层状,走向长 400~500 m,宽 400~600 m,厚 0.82~19.66 m,品位: $\omega(\text{Au})$ 0.8~22.10 g/t, $\omega(\text{TFe})$ 25.14%~64.84%。代表性矿体有 KT47A、KT47B 二个矿体,由于矿体埋深较浅,受氧化作用影响,矿化蚀变仅见碳酸盐化、褐(磁)铁矿化。

(3) 岩性界面型金-铅(锌)-银多金属矿: 分布于万洞山石英正长岩体东(下盘)北衙向斜核部的 T_2b 碳酸盐岩与 T_{1q} 碎屑岩接触面附近虚脱带中(即沿硅-钙界面产出)。走向近 SN 向,向东缓倾斜,呈似层状、层状,走向长 500 m,宽 600 m,厚 0.45~38.85 m;品位: $\omega(\text{Au})$ 0.03~17.30 g/t, $\omega(\text{TFe})$ 20.03%~49.94%, $\omega(\text{Cu})$ 0.2%~0.80%, $\omega(\text{Pb})$ 0.01%~2.58%, $\omega(\text{Ag})$ 2.20~164 g/t。代表性矿体为 KT54、KT55,蚀变主要有铁白云石化、角闪化、铁矿化、磁铁矿化、黄铁矿化等,靠岩体一侧具黄铜矿化,远离岩体则具方铅(银)矿化。岩性界面(硅钙界面)型铅(锌)-银矿体是本矿床的重要类型。

(4) 脉型金多金属矿: 以脉状沿裂隙带矿化、规模小、成群产出为特征。在矿区广泛分布,但主要发育于万洞山岩体内部及围岩 T_2b 碳酸盐岩中,红泥塘矿段及笔架山西矿段有零星分布。矿体呈脉状、透镜状、不规则囊状、局部串珠状产出,产状及形态变化大,走向长一般小于 100 m,宽数十米,厚 3.69~18.37 m,品位: $\omega(\text{Au})$ 1.08~5.02 g/t, $\omega(\text{TFe})$ 21.04%~45.52%。蚀变主要有矽卡岩化、碳酸盐化、褐(磁)铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化等。代表性矿体为产于万洞山岩体内的 KT50 等。

(5) 残坡积型金多金属矿: 表生作用形成的残坡积型金多金属矿体分布于 Q_{1s} 底、顶与 T_2b 及

Q_p 的不整合接触面附近,矿区 Q_{1s} 分布地段均有矿化,属原生矿经风化剥蚀-搬运沉积的表生作用成因的矿体。以往统称这种矿体为“古红土型”金矿。矿体走向近 SN 向,倾角总体较缓,局部受古喀斯特地貌控制,产状变化较大。矿体呈似层状、层状,局部透镜状。代表性矿体有产于 Q_{1s} 与 Q_p 不整合面上的 KT3 矿体,产于 T_2b 及岩体与 Q_{1s} 不整合面上的 KT4 矿体,走向长 240~1280 m,宽 50~750 m,厚 0.67~17.12 m, $\omega(\text{Au})$ 为 0.8~17.30 g/t, $\omega(\text{TFe})$ 为 25.02%~63.63%。以褐铁矿化为主,次有白铅矿化、软锰矿化、菱锌矿化、孔雀石化等。残坡积型金多金属矿体是矿区的重要类型,金矿规模仅次于矽卡岩型。

3.2 成矿期与成矿阶段

北衙矿区富碱斑岩的成岩时代有 3 期(徐兴旺等 2006; 徐受民等, 2006; 曾普胜等, 2002; 和文言等 2012): 早期的石英钠长斑岩和煌斑岩在 60~65 Ma 侵位; 中期的石英正长斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄值为 36~33 Ma, 可代表斑岩侵位的时间, 并伴有煌斑岩的侵入; 晚期的黑云母石英正长斑岩于 3.7 Ma 侵位。与成矿密切相关的是中期的石英正长斑岩。前人认为矿区成岩与成矿作用存在明显的响应关系(和文言等, 2012)。万洞山岩体中具岩浆热液自交代或矽卡岩化成因的白云母, 其 32.5 Ma 左右的结晶年龄可代表成矿作用的开始。

北衙金矿区表生作用形成的“残坡积”型金矿体是矿区重要的含矿类型, 赋存在第四系更新统蛇山组(Q_{1s})底、顶部与三叠系上统北衙组及 Q_p 的不整合接触面附近, 或矿体直接不整合覆盖在喜马拉雅期斑岩之上, 斑岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 (33.3 ± 1.5) Ma(曾普胜等, 2002), 属始新世晚期。覆盖于蛇山组杂色含砂砾黏土之上的 Q_p 灰岩角砾岩碳酸盐胶结物的 ERS 测年结果在 1.5~1.165 Ma 之间(徐兴旺等, 2003), 因此, 表生成矿作用形成的产物属第四纪更新世的产物。

按照矿物生成期次及共生关系(表 4), 北衙金矿区的成矿期次可划分为 2 个成矿期和相应的 4 个成矿阶段:

(1) 矽卡岩成矿期: 包括接触变质阶段(高温热液阶段)、接触交代阶段(中温和低温热液阶段);

(2) 表生成矿期: 残坡积、冲积-氧化阶段。

表 4 北衙金多金属矿床主要矿物生成期次及共生关系

Table 4 Main minerals formation succession and paragenesis relationship of the Beiya gold-polymetallic deposit

矿物名称	矽卡岩期			表生期
	高温热液阶段	中温热液阶段	低温热液阶段	
白云母	— — — —			
黑云母	— — — — —	—————		
斜长石		—————		
钾长石	— — — — —	—————		
石英		—————	—————	
方解石			—————	
白云石			—————	
普通辉石	—————			
钙铝榴石	—————			
透辉石	—————			
方柱石、符山石	—————			
绢云母	— — — —	—————	—————	
黄铁矿	— — — —	—————	—————	
黄铜矿		—————	—————	
磁铁矿	—————			
赤磁铁矿		—————	—————	
赤铁矿		—————	—————	
菱铁矿	—————			
自然金、银金矿		—————	—————	
铜银矿			—————	
方铅矿	— — — —			
闪锌矿	— — — —			
白铁矿		— — — — —	— — — — —	
绿泥石	—————		—————	
绿帘石				— — — — —
高岭石(黏土)	—————	—————	—————	— — — — —
褐铁矿				—————
辉铜矿			— — — —	—————
铜蓝				—————
孔雀石				—————

4 成矿规律

4.1 不同尺度构造控矿规律

(1) 区域构造即一级构造单元控制了岩浆岩的分布,从而控制了金多金属矿带的展布。新生代印度板块向欧亚大陆的会聚和碰撞,沿金沙江—哀牢山缝合带、澜沧江缝合带发生了大规模的走滑剪切作用和新生代富碱斑岩的侵入活动,形成了规模巨大的金沙江-哀牢山富碱斑岩带,控制了金沙江-哀牢山金多金属矿带的展布。

(2) 二级构造控制了北衙金多金属矿田的分布。矿床处于扬子陆块西缘的丽江陆缘褶-断带西南缘的鹤庆陆缘拗陷,被夹持在 NNW 向金沙江-红

河断裂、NE 向宾川-程海断裂和丽江-木里断裂之间。它们及其间的松桂-北衙富碱斑岩群(区)控制了北衙金多金属矿田的分布。

(3) 三级构造控制了矿床的空间分布范围。NNW 向—近 SN 向的松桂-邓川大断裂(马鞍山断裂)控制了狮子山、万硐山、大沙地、红泥塘、焦石洞、老马涧等环状斑岩体、岩株和隐伏岩体的产出;近 EW 向的隐伏构造控制着由西向东分布的南大坪、马头湾、红泥塘、大沙地、笔架山、白沙井等斑岩体的产出。从而控制了北衙金多金属矿床及周边金、铜、铅、银矿床的分布。

(4) 更次级的各类构造控制了矿体的空间定位。在岩体接触带构造、裂隙构造带、外带北衙向斜的核部虚脱部位及两翼的层间破碎带、节理与裂隙

带中以及假整合面(岩性差异界面)附近的有利空间部位,形成了各种矿化类型、规模不等的矿体。

(5)新近纪晚期—第四纪早期构造抬升及北衙山间盆地的形成、风化剥蚀、岩溶堆积作用控制了“古红土”型金矿的形成。表生作用使先期形成的金多金属矿体遭受强烈的改造,在第四系更新统蛇山组(Q_{1s})及 Q_p 与三叠系上统北衙组或斑岩体的不整合接触面附近,形成了“古红土”型或“残坡积”型金矿体,也是矿区重要的金矿类型。

4.2 富碱斑岩体的控矿规律

(1)富碱斑岩体控制着矿化类型的变化,不同矿体呈环带状分布。从岩体内部向外分别出现脉状金(铁)矿体、接触带矽卡岩型金多金属矿体、层间破碎带和假整合面附近的金-铅-银矿体和铜金矿体、节理与裂隙带中的金多金属矿体。①围绕富碱斑岩体与 T_2b 碳酸盐岩接触带,产出矽卡岩型金多金属矿体,该类矿体规模最大。矿体一般分布在距岩体0~60 m的范围内,岩体产状变化和接触带形态,控制了矿体的分布、产状、形态及规模,在产状变化大、凹陷部位矿化强,矿体厚度大、品位高,在产状平直或凸出的部位矿化弱,矿体厚度小、品位低,甚至尖灭;②岩体内部及外带节理与裂隙带中形成脉状金-铁矿体,产状与节理与裂隙一致,矿体规模小,但品位高;③外带 T_2b 碳酸盐岩层间破碎带中形成透镜状-似层状、脉状金-铁矿体;④外带 T_2b 碳酸盐岩与 T_{1q} 碎屑岩接触面附近形成透镜状-似层状金-铅-银-铜矿体。

(2)与成矿密切相关的是中期侵入的石英正长斑岩(年龄33 Ma,徐受民等,2006),其小岩株与岩枝发育地段对成矿最为有利。石英正长斑岩中Au、Fe、Cu、Pb、Zn、Ag等元素一般高出正长岩和花岗岩平均值数倍至数十倍(表5),为矿区成矿元素的主要来源。但成矿作用强度在不同规模及不同产状岩体

中的表现各不相同,常常形成不同元素的组合形式,使本区具有较复杂的矿化类型。

(3)富碱斑岩体控制了成矿元素的分带。从岩体内部向外,元素组合为Cu-Au→Au-Cu-Fe→Au-Fe→Au-Fe-Pb-Ag→Pb-Ag(Au);从深部到地表,元素组合为Cu(Au)→Cu-Au→Au-Cu-Fe→Au-Fe-Pb-Ag。元素的分带,反映了从高温→低温元素组合的变化规律。

矿床地球化学研究表明,原生矿石中黄铁矿、黄铜矿和方铅矿的硫同位素组成与区内蚀变斑岩的 $\delta^{34}S$ 值(0.1‰~3.7‰)(刘景虹等,1991)相近,也与陨硫(0‰)相近;矿石的Pb同位素组成与富碱斑岩的Pb同位素比值基本相似(葛良胜等,2002;吴开兴等,2005;肖晓牛等,2011)。脉石矿物方解石的 $\delta^{13}C$ 和 $\delta^{18}O$ 值分别为-5.05‰和11.57‰,与幔源碳同位素和岩浆水的氧同位素组成相当(肖晓牛等,2009)。对成矿流体的研究同样表明,具有深部岩浆来源。结合野外地质观察和相关的测试分析结果,显示富碱斑岩的岩浆作用不仅为含矿流体的上升提供了动力和热能,而且也为矿床提供了丰富的金、铜等成矿物质。

4.3 地层-岩性控矿规律

碳酸盐岩为矿床定位提供了必要条件。矿区矿体围岩主要为 T_2b 不纯碳酸盐岩,化学性质活泼,岩溶构造发育,但其力学性质为刚性,在应力作用下不易变形,往往发育构造裂隙、层间破碎,形成矿液运移的通道或沉淀矿质的空间。在斑岩接触带,含矿热液交代碳酸盐岩,形成矽卡岩型金多金属矿体;远离斑岩体,含矿热液则沿构造裂隙、破碎带贯入,形成脉状、似层状金多金属矿体。在岩性差异界面(T_2b 碳酸盐岩与 T_{1q} 碎屑岩接触面)附近形成透镜状-似层状金-铅-银-铜矿体。

4.4 矿石类型分布规律

矿床的矿石工业类型有氧化矿、原生矿2类共

表5 北衙金矿区石英正长斑岩主要矿化元素含量表

Table 5 Major content of mineralized elements of quartz syenite porphyry in the Beiya deposit

矿段	样品数	岩性	$\omega(B) \times 10^{-6}$					
			Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn
万洞山	11	石英正长斑岩	0.20	6.2	107	2263	1604	1790
红泥塘	69	石英正长斑岩	0.15	3.5	305	327	296	404
地壳平均(1961)		正长岩	0.00n	0.0n	5	12	130	850
地壳平均(1962)		花岗岩	0.0045	0.05	20	20	60	600

注:正长岩、花岗岩数据摘自《地球化学》1979。

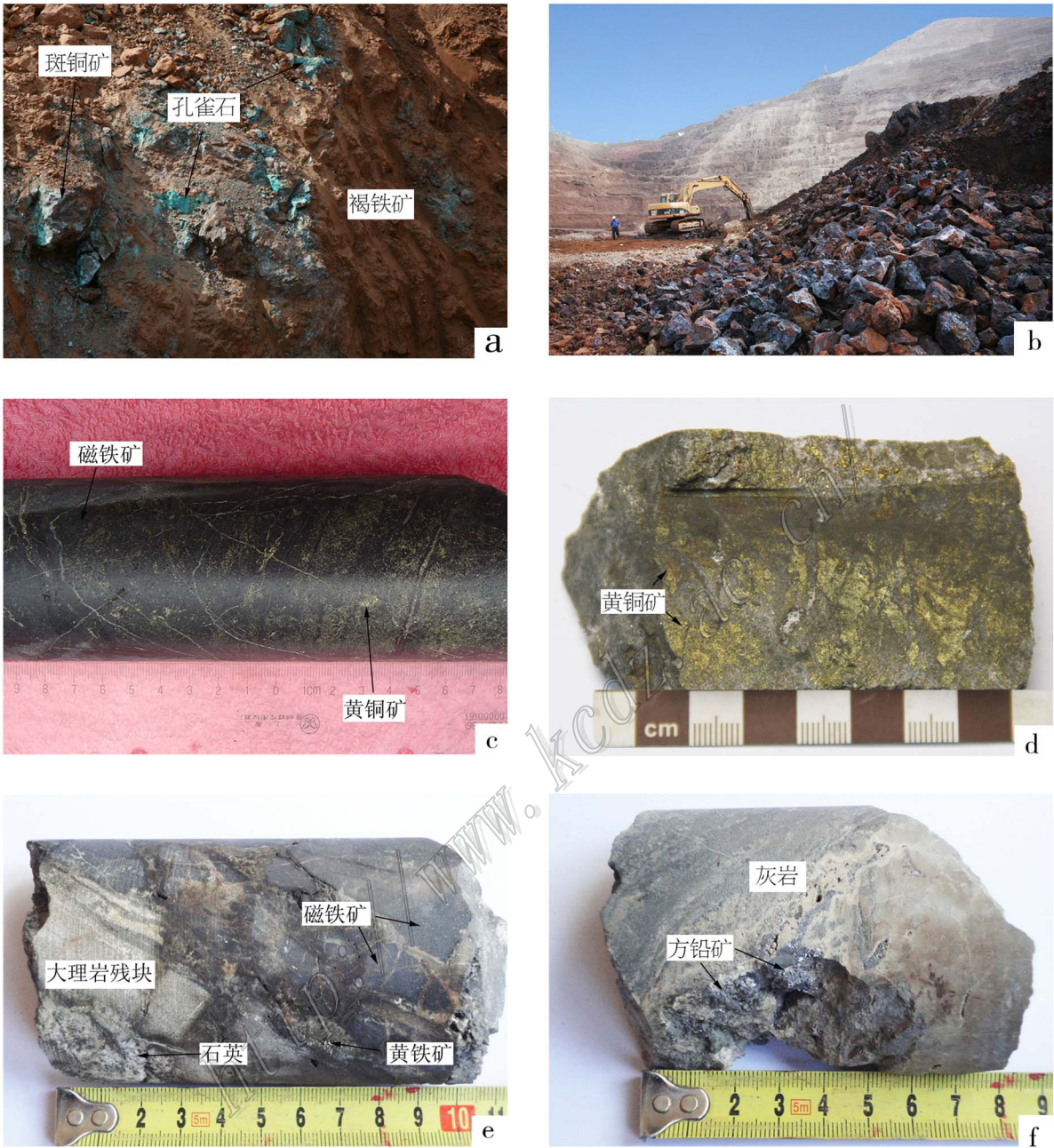


图 5 北衙金多金属矿石典型矿石照片

a. 金铁矿石中的铜矿化(岩金氧化矿石); b. 金铁矿石(岩金氧化矿石); c. 金铁铜矿石; d. 金铜矿石(原生矿); e. 金铁矿石(原生矿); f. 铅银矿石(原生矿)

Fig. 5 Typical ores of the Beiya gold-polymetallic deposit

a. Cu mineralization in Au-Fe ore (rock gold oxide ore); b. Au-Fe ore (rock gold oxide ore); c. Au-Fe-Cu ore; d-Au-Cu ore (primary ore); e. Au-Fe ore (primary ore); f. Pb-Ag ore (primary ore)

11 种,其中氧化矿石有金矿石、铁矿石、金铁矿石 3 种,原生矿石有金矿石、铁矿石、铜矿石、金铁矿石、铁铜矿石、金铜矿石、金铜铁矿石、铅银矿石等 8 种(图 5)。氧化矿分布于地表至以下 130 m 左右,最大

360 m,氧化带界面出露标高受石英正长斑岩体侵位标高的影响,岩体向外,氧化带界面标高逐渐降低。原生矿的矿石工业类型分布特征表明,在岩体接触带的矽卡岩矿体内以金铜铁、金铜或铁铜矿石为主,

6 结 论

(1) 北衙超大型金多金属矿床受控于喜马拉雅期富碱斑岩与 T_2b 碳酸盐岩的内、外接触带。矿床类型包括矽卡岩型、层间破碎带型、岩性界面型、裂隙脉型及表生作用形成的风化-堆积型,后者可包括古风化壳型、现代残坡积型2种类型。矿床属于与喜马拉雅期富碱斑岩有关的矽卡岩-热液型金多金属矿床。

(2) 喜马拉雅期富碱斑岩是矿床形成最关键的控矿因素,富碱斑岩与 T_2b 碳酸盐岩接触带是主矿体的产出部位,斑岩体内部的裂隙带、斑岩体外带的层间破碎带及断裂破碎带是次要矿体赋存的重要部位。

(3) 一级区域性构造控制了岩浆岩的分布,从而控制了金多金属矿带的展布,二级构造控制了金多金属矿田的分布,三级构造控制了矿床的空间分布范围,更次级的各类构造控制了矿体的空间定位。富碱斑岩控制了矿化元素分带,以万铜山斑岩体为中心,空间上从斑岩内部→接触带→外带→围岩,成矿元素有从 $Au(Cu) \rightarrow Au, Fe(Cu) \rightarrow Cu, Pb(Zn), Ag \rightarrow Au$ 的分带规律。

(4) 北衙矿田岩浆活动强烈,有利成矿构造发育,成矿物质来源丰富,矿化期次复杂且类型多样,成矿范围广、深度大,成矿地质条件优越,深部及外围仍具有巨大的找矿潜力。

参考文献/References

- 蔡新平,刘秉光,李成云,应汉龙. 1991a. 滇西北衙金矿床特征及成因初探[J]. 黄金科技动态, (7): 7-19.
- 蔡新平,赵大升,刘秉光. 1991b. 滇西北衙金矿床特征、成因及靶区预测[R]. 中国科学院地质研究所科技报告. 1-15.
- 蔡新平. 1993. 滇西北衙金矿床特征、成因及找矿远景预测[A]. 见: 中国金矿地质地球化学研究[C]. 北京: 科学出版社. 134-151.
- 蔡新平,徐兴旺,梁光河,张宝林,王杰,肖骑彬. 2002. 北衙矿产资源开发和特异地质现象保护[J]. 矿床地质, 21(增刊): 1112-1115.
- 崔银亮,晏建国,陈贤胜. 2003. 滇西北衙金矿床找矿标志和找矿模式研究[J]. 黄金, 24(7): 7-10.
- 邓军,杨立强,葛良胜,袁士松,王庆飞,张静,龚庆杰,王长明. 2010. 滇西富碱斑岩型金成矿系统特征与变化保存[J]. 岩石学报, 26(6): 1633-1645.
- 邓万明,黄萱,钟大赉. 1998a. 滇西富碱斑岩及其与板内变形的关系[J]. 中国科学(D), 28(2): 111-117.
- 邓万明,黄萱,钟大赉. 1998b. 滇西新生代富碱斑岩的岩石特征与成因[J]. 地质科学, 33(4): 412-425.
- 甫为民. 1994. 大理北衙富碱斑岩侵入体的钾长石研究[J]. 昆明工学院学报, 19(1): 1-7.
- 甫为民,胡朝平. 1994. 鹤庆北衙富碱斑岩侵入体的岩石学特征及其构造环境[J]. 云南地质, 13(1): 31-41.
- 葛良胜,郭晓东,邵依林,李振华,张晓辉. 2002. 云南北衙金矿床地质特征及成因研究[J]. 地质找矿论丛, 17(1): 32-46.
- 郭远生,曾普胜,杨伟光,张文洪. 2005. 北衙金多金属矿床地质特征与成因[J]. 中国工程科学, 增刊: 218-223.
- 和文言,莫宣学,喻学惠,和中华,李勇,黄行凯,苏纲生. 2012. 滇西北衙多金属矿田矿床成因类型及其与富碱斑岩关系初探[J]. 岩石学报, 28(5): 1401-1412.
- 李元,秦德先,黎诚. 1999. 北衙金矿的氧化特征及找矿意义[J]. 昆明理工大学学报, 24(1): 120-124.
- 李晓勇. 2002. 地电提取测量法在北衙寻找隐伏矿的可行性[J]. 云南地质, 21(1): 83-89.
- 梁光河,蔡新平,王杰,张宝林,徐兴旺,高浩中. 2000. 浅层地震勘探在云南北衙地区隐伏金矿预测中的应用[J]. 黄金科学技术, 8(6): 1-9.
- 刘秉光,陆德复,蔡新平. 1999. 滇川西部金矿床研究[M]. 北京: 海洋出版社. 1-241.
- 刘建云. 2003. 北衙万铜山金矿床地质特征及找矿方向[J]. 黄金, 24(9): 10-12.
- 刘建云. 2004. 北衙金矿区煌斑岩地质特征及找矿意义[J]. 黄金, 25(4): 17-19.
- 刘景虹,李如良,邵伟年. 1991. 云南鹤庆北衙金矿地质特征及成矿机制探讨[J]. 西南矿产地质, 5(2): 50-55.
- 马德云,韩润生. 2001. 北衙金矿床构造地球化学特征及靶区优选[J]. 地质与勘探, 37(2): 64-68.
- 马德云,高振敏,杨世瑜,韩润生. 2003. 北衙金矿区构造应力场数值模拟[J]. 大地构造与成矿学, 27(2): 160-166.
- 莫宣学,潘桂棠. 2003. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 13(6): 43-51.
- 任治机,罗荣生,李连举,赵重顺,李志群. 2001. 云南北衙红土型金矿地质特征及成矿规律[J]. 中国地质, 28(8): 17-22.
- 吴开兴. 2005. 滇西新生代富碱火成岩及其与金成矿关系研究——以北衙金矿为例[博士学位论文[D]. 导师: 胡瑞忠, 毕献武. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所. 1-118.
- 吴开兴,胡瑞忠,毕献武,彭建堂,苏文超,陈龙. 2005. 滇西北衙金矿蚀变斑岩中的流体包裹体研究[J]. 矿物岩石, 25(2): 20-26.
- 肖骑彬,蔡新平,徐兴旺. 2003. 云南北衙表生金矿形成与保存探讨[J]. 矿床地质, 22(4): 401-407.

- 肖晓牛,喻学惠,莫宣学,李勇,黄行凯. 2011. 滇西北衙金多金属矿床成矿地质化学特征[J]. 地质与勘探, 47(2):170-179.
- 肖晓牛. 2009. 滇西北衙地区富碱斑岩及其金多金属成矿作用(博士学位论文)[D]. 导师:喻学惠. 北京:中国地质大学. 1-113.
- 肖晓牛,喻学惠,莫宣学,杨贵来,李勇,黄行凯. 2009. 滇西北衙金多金属矿床流体包裹体研究[J]. 地学前缘(2):457-472.
- 徐受民,莫宣学,曾普胜,张文洪,赵海滨,赵寒冬. 2006. 滇西北衙富碱斑岩的特征及成因[J]. 现代地质, 20(4):527-535.
- 徐兴旺,蔡新平,肖骑彬,梁光河,张宝林,王杰. 2003. 滇西北衙地区热水岩溶作用及其伴生的地质灾害[J]. 地球科学进展, 18(6):912-920.
- 徐兴旺,蔡新平,宋保昌,张宝林,应汉龙,肖骑彬,王杰. 2006. 滇西北衙金矿区碱性斑岩岩石学、年代学和地球化学特征及其成因机制[J]. 岩石学报, 22(3):631-642.
- 徐兴旺,蔡新平,张宝林,梁光河,杜世俊,王杰. 2007. 滇西北衙金矿矿床类型与结构模型[J]. 矿床地质, 26(3):249-264.
- 薛传东,侯增谦,刘星,杨志明,刘勇强,郝百武. 2008. 滇西北衙金多金属矿田的成岩成矿作用:对印-亚碰撞造山过程的响应[J]. 岩石学报(2):57-472.
- 晏建国,陈贤胜,崔银亮. 2002. 云南省北衙金矿床成矿规律研究[J]. 矿床地质, 21(增刊):743-746.
- 晏建国,崔银亮,陈贤胜. 2003. 云南省北衙金矿床成矿预测和靶区优选[J]. 地质与勘探, 39(1):10-13.
- 杨世瑜,王瑞雪. 2002. 北衙碱性斑岩型金矿床矿床遥感地质综合信息[J]. 昆明理工大学学报, 27(4):1-5.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社.
- 云南黄金矿业集团股份有限公司. 2011. 云南省鹤庆县北衙铁金矿资源储量核实地质报告[R]. 内部资料.
- 曾普胜,莫宣学,喻学惠. 2002. 滇西富碱斑岩带的 Nd、Sr、Pb 同位素特征及其挤压走滑背景[J]. 岩石矿物学杂志, 21(3):231-241.
- 张继荣,刘宇淳,和晓南. 2004. 北衙金矿富碱斑岩——滑覆构造控矿体系及成矿规律[J]. 云南地质, 23(1):67-72.
- 张学书. 1998. 滇西碱性斑岩成矿带北衙红土型金矿特征及其找矿意义[J]. 云南地质, 17(2):154-158.
- 中国地质大学(北京),云南财经大学,云南黄金矿业集团股份有限公司. 2008. 北衙地区金铜矿床成矿模型及深部斑岩金铜矿潜力研究报告[R]. 内部资料.