

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2019.01.001

滇西北衙铁金多金属矿床成矿地质特征 及其两阶段成矿过程研究 ——以万铜山矿段为例

牛浩斌,丁俊,李俊,宁括步,王鹏,任飞

(中国地质调查局成都地质调查中心,成都 610081)

摘要: 滇西北衙铁金多金属矿床为西南三江富碱斑岩-多金属成矿带中南段典型矿床之一,成矿严格受富碱斑岩及其相关的深大断裂控制,伴随多期富碱斑岩脉体侵入、热液交代与围岩蚀变、矿物质富集及次生富集过程,构成了复杂的斑岩-矽卡岩成矿系统和地表次生成矿系统。文章以万铜山露天采场区大比例尺地质填图为基础,重新厘定和梳理各地质体及其间相互关系,取得了万铜山矿段详细的成矿地质特征及原生矿化的两阶段成矿新认识。

关键词: 北衙铁金多金属矿床;成矿地质特征;成矿模式;万铜山;滇西

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

确定了岩浆热液成矿体系及其两阶段、两方式的新成矿认识。

0 引言

滇西北衙铁金多金属矿床是西南三江富碱斑岩成矿带内典型的与富碱斑岩相关的多金属矿床,具有超过300吨金、2600吨银和200万吨铅锌等金属量的超大型矿床。北衙矿区包含万铜山、红泥塘、桅杆坡、金沟坝、炉坪等矿段;其中,万铜山矿段资源量占全区约65%(据2010年10月数据^①),并已进入露天开采阶段,岩石露头揭露全面,地质现象丰富,为典型矿床详尽、适时地调查和研究提供了条件。对其进行详细的研究工作,以便更有效地指导矿区外围及深部的找矿工作。

本文在系统梳理与总结前人成果资料^{①-⑤}基础上,依据最新露头揭露情况,着重研究矿床成矿、控矿认识;通过对万铜山采场范围进行了大比例尺(1:2000)地质调查工作^⑥,查明了矿床的成矿、控矿特征,重新厘定了各地质体间的成生关系,进一步

1 区域地质背景

北衙铁金多金属矿集区大地构造位置上处于扬子准地台与德格-中咱陆块、芒康-思茅陆块之间的弧形结合部位东侧(图1),属江达-鹤庆-大理含矿富碱斑岩亚带中段^[2-4]。

区内地层主要为一套发育在上二叠统峨眉山玄武岩($P_2\beta$)为“基底”^⑦之上的三叠纪地层及小范围新生代地层(图2),包括主要赋矿层北衙组(T_2b)及中窝组(T_3z)碳酸盐岩,青天堡组(T_1q)、松桂组(T_3sg)碎屑岩,以及宝相寺组(E_2b)、三营组(N_2s)和发育残坡积型铁金矿的新生代河湖相沉积^⑧。

区内构造大致划分为三部分,西部向西缓倾的前陆逆冲带、中部向东陡倾的马鞍山断裂带和东部的松桂-北衙复式向斜^⑨,总体SN向展布,并沿SN

收稿日期: 2017-10-26; 改回日期: 2018-04-04; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局三维填图试点项目(编号:1212011220249)、中国地质调查局地质矿产调查专项项目(编号:DD20160020)联合资助。

作者简介: 牛浩斌(1984—),男,工程师,硕士,2011年毕业于中国地质科学院,主要从事矿物学、岩石学、矿床学研究。通信地址:四川省成都市一环北路北三段2号,中国地质调查局成都地质调查中心;邮政编码:610081;E-mail:aibornew@126.com

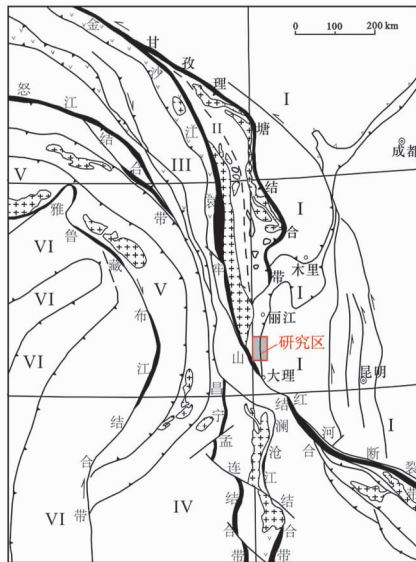


图1 西南三江大地构造分区图

(据文献[1-2]整理修改)

Fig. 1 Geotectonic division map of the Sanjiang area in southwestern China

- I. 扬子陆块; II. 德格-中咱陆块; III. 芒康-思茅陆块;
IV. 保山-掸邦陆块; V. 冈底斯-拉萨-腾冲陆块; VI. 印度陆块

向构造断裂断续分布一系列富碱斑岩脉体,主要由二长花岗斑岩构成,局部见角闪石、黑云母等暗色矿物斑晶,为西南三江富碱斑岩带中南段重要组成部分。

2 矿段地质特征

北衙矿区万洞山矿段,位于松桂-北衙复式向斜南部翘起端北衙向斜核部及两翼部位;受斜切向斜西翼的马鞍山断裂及其次级断裂构造控制(图2)。其地层、构造、岩浆岩总体呈SN向展布,蚀变矿化也多围绕万洞山二长花岗斑岩边部陡缓过渡处及围岩裂隙、层间破碎带内产出,呈透镜状、似层状、脉状、囊状。

区内出露地层(由新至老)主要有:第四系更新统残坡积相堆积,新近系“蛇山组”,三叠系和二叠系峨眉山玄武岩。第四系更新统的残坡积相灰质角砾岩($Q_{1-2}p$, 碳酸盐胶结物 ESR 测年 $>1.5 \sim 1.165$ Ma 之间^[5])。新近系“蛇山组”河湖相含砂砾粘土、砂砾岩($N_{1-2}s$, $Q_{1-2}p/N_{1-2}s$ 呈角度不整合接触)及其下伏的残坡积型金矿体(N_2p , $N_{1-2}s/N_2p$ 呈角度不整合接触,详见下文),即在河湖相底部局部地段见

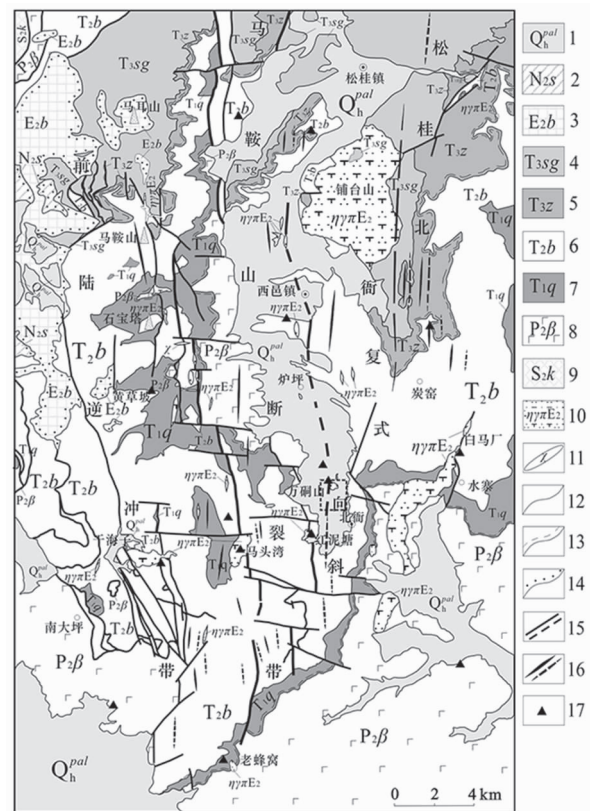


图2 北衙铁金多金属矿集区地质图

(据注释④和⑥修改)

Fig. 2 Geological map of the Beiya Fe-Au-polymetallic deposit-clustered area

1. 全新统冲洪积物; 2. 三营组; 3. 宝相寺组; 4. 松桂组;
5. 中窝组; 6. 北衙组; 7. 青天堡组; 8. 峨眉山玄武岩;
9. 康廊组; 10. 二长花岗斑岩; 11. 煌斑岩脉; 12. 地质界线;
13. 平行不整合界线; 14. 角度不整合界线; 15. 实测及推测断层;
16. 向斜及背斜轴部; 17. 铁、金、银、铅等多金属矿化点

铁金矿体,并发育沉积层理。中三叠统北衙组,上部(T_2b^4)为浅色(灰白色)白云岩,具微晶、粒屑结构,向下(T_2b^3)颜色渐深,且粒屑、微晶结构的白云岩互层产出;下部(T_2b^{1+2})则由深色灰岩构成,包括瘤状、蠕虫状灰岩及生屑、泥质灰岩,底部常有砂泥质薄夹层。下三叠统青天堡组(T_1q),其岩性为岩屑石英砂岩与泥页岩夹层,平行不整合于峨眉山玄武岩“基底”之上。峨眉山玄武岩由绿灰色、灰色,厚层杏仁状玄武岩、致密块状玄武岩及少量斜斑玄武岩,偶见紫红色凝灰质砂、泥岩及玄武质角砾岩夹层。区内岩石地层普遍存在强烈的蚀变矿化现象,其中灰岩(T_2b^{1+2})及部分碎屑岩(T_1q)是重要的蚀变矿化层位。

区内构造受区域强烈构造作用影响,矿段内褶皱、断裂构造较为复杂,多围绕斑岩体分布。褶皱表

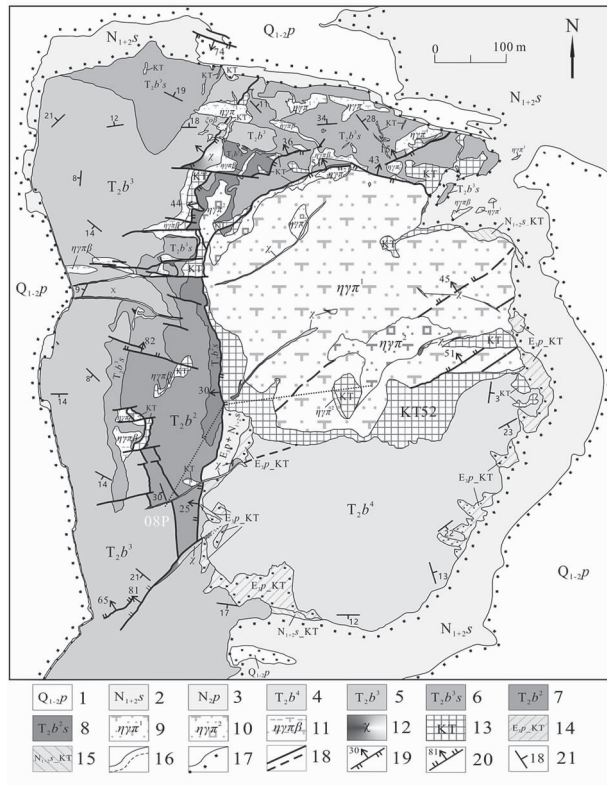


图3 北衙金多金属矿床万洞山矿段地质图

(据注释⑥修改)

Fig. 3 Geological map of Wandongshan ore domain of the Beiya Fe-Au-polymetallic deposit

1. 坡积相灰质角砾岩; 2. 河湖相含砂砾粘土、砂砾岩;
3. 残坡积相铁质角砾岩; 4. 北衙组四段; 5. 北衙组三段;
6. “砂糖状”(褪色蚀变)白云岩; 7. 北衙组二段;
8. 砂卡岩化、磁铁矿化灰岩; 9. I 阶段二长花岗斑岩;
10. II 阶段二长花岗斑岩; 11. 黑云母二长花岗斑岩;
12. 煌斑岩; 13. 原生矿体; 14. 残坡积型铁金矿体;
15. 河湖相沉积型铁金矿体; 16. 实测及推测界线;
17. 角度不整合界线; 18. 实测及推测断层;
19. 正断层; 20. 逆断层; 21. 产状

现为围绕斑岩主体两侧的地层呈“穹隆式”构造背形形态(图3),为北衙向斜构造小尺度表现特征,并且“穹隆式”背形构造周边发育有控矿、破矿断裂。控矿断裂构造主要为围绕着斑岩体弧形分布的SN向逆冲断裂构造,以及斑岩体四周围岩内的呈放射状直立陡倾展布的切层断裂或裂隙和顺层缓倾发育的层间滑脱构造,且靠近岩体断裂构造愈发育,其内多充填着磁-赤铁矿矿体及矿脉。SN向逆冲构造具有多期次压扭性活动特征,与斑岩体同期形成;该构造主体为灰岩(T_2b^{1+2}),呈陡倾角逆冲至砂屑白云岩(T_2b^3)之上(图3、图4-1),局部地段与铁金矿体、斑岩体呈缓倾角接触(图4-1),断裂内存在的大量

磁-赤铁矿及少量灰质、斑岩等角砾岩块构成了KT52主矿体。此外,NE向断裂构造组发育,并有煌斑岩脉穿插发育,其内多见斑岩“卵石”捕虏体,与主岩截然接触,没有明显蚀变现象;“卵石”主要岩性为二长花岗斑岩、云煌岩等,总体含量 $<5\%$;“卵石”大小多为5~20 cm不等,部分达50 cm或更大,呈椭球状,磨圆度极好,可能指示着同活动期剥蚀过程的存在(图4-2)。破矿断裂构造主要为近EW向、NE向切穿铁金矿体或围岩地层的断裂裂隙,多属正断层构造接触特征(图4-4、图4-5);沿断裂裂隙充填有黑云母二长花岗斑岩脉、煌斑岩脉等脉体,宽约数米至十数米,两侧围岩未见明显蚀变及矿化现象。

区内岩浆强烈活动,矿段内出露着以万洞山斑岩体为代表的富碱斑岩及其他脉岩,包括角闪石二长花岗斑岩、黑云母二长花岗斑岩及云母煌斑岩脉体(图3)。万洞山斑岩体与成矿关系最为密切,可划分为同岩浆期次的两不同阶段:I阶段的黄褐色二长花岗斑岩($\eta\gamma\pi^1$)和II阶段的灰白色二长花岗斑岩($\eta\gamma\pi^2$),呈同心圆状、不规则弧形波状、“火焰状”接触(图4-6、图4-7);前者存在粒状、脉状褐铁矿、磁铁矿化现象,后者存在细粒、细脉浸染状硫化物矿化特征。I阶段二长花岗斑岩镜下岩性表现为角斑结构,斑晶($>50\%$)主要为钾长石,少见石英、斜长石斑晶;基质($<50\%$)主要为微粒状长英质矿物,以钾长石为主,石英次之,常发育弱绢云母化蚀变。II阶段二长花岗斑岩镜下岩性为斑状结构,斑晶($\sim 45\%$)主要为自形一半自形板状的钾长石($\sim 30\%$)、斜长石($7\%\sim 8\%$)及半自形—他形粒状的石英($7\%\sim 8\%$),多有泥化、绢云母化蚀变,部分石英斑晶具溶蚀港湾结构;基质($\sim 55\%$)主要为显微晶粒状长英质矿物,以钾长石为主,石英、斜长石次之,多发育弱绢云母化蚀变。在深部钻孔中发现角闪石二长花岗斑岩,其中的部分角闪石斑晶退变质为云母类、绿泥石等矿物,仅保留角闪石矿物晶形;从外围干海子地区看,角闪石二长花岗斑岩多呈不规则囊状、脉状产于二长花岗斑岩内,未见与矿化存在明显关系。此外,沿顺层及切层断裂多穿插发育有云母煌斑岩脉及黑云母二长花岗斑岩脉,局部存在“反向脉”构造(图4-8),指示着煌斑岩与不同阶段二长花岗斑岩之间具有多期次混融侵入活动特征;再者,煌斑岩内出现早期二长花岗斑岩捕虏体,呈圆—次圆状,形似“卵石”,呈厘米、分米级大小零星分布(图4-2)。

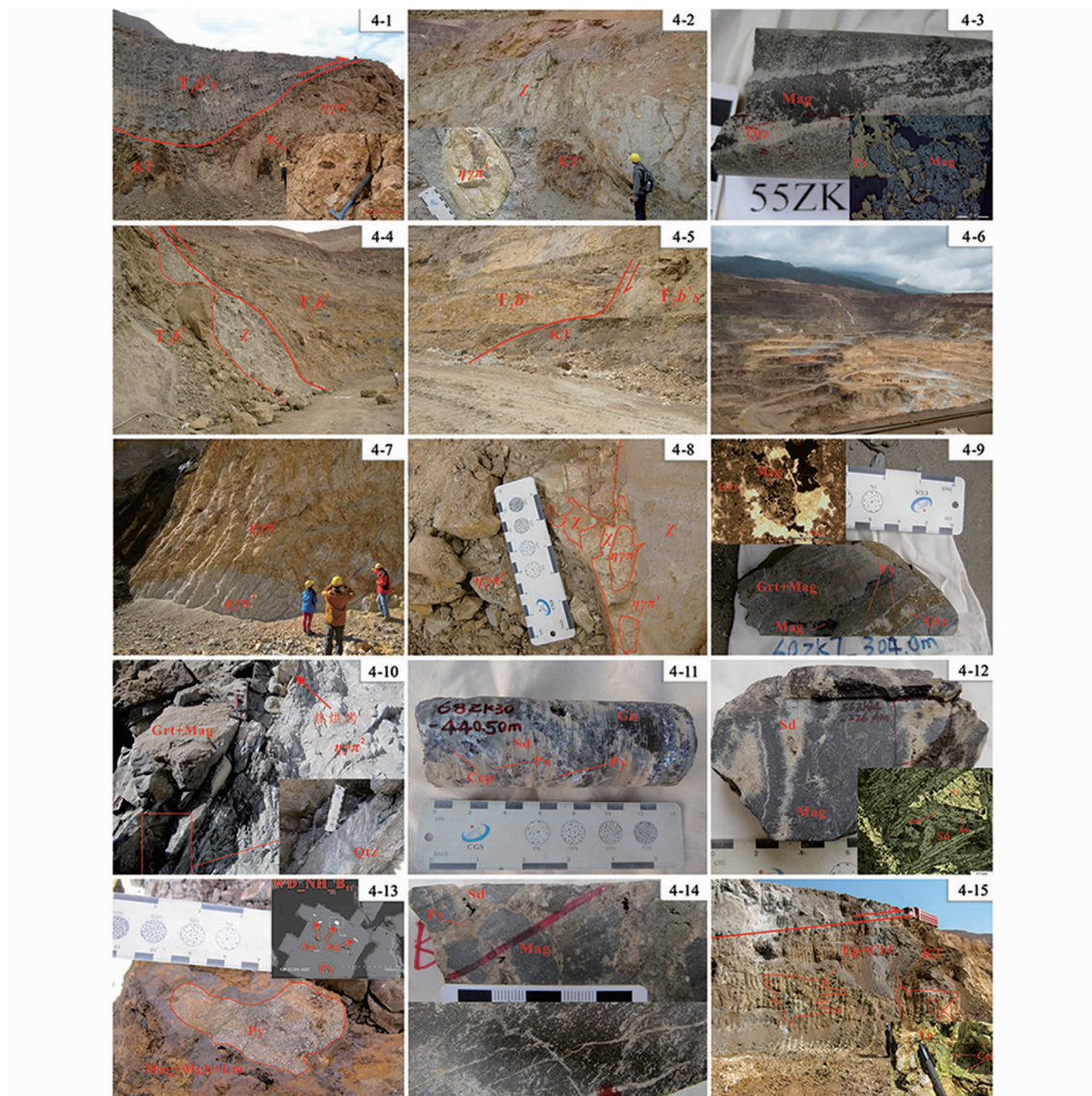


图 4 北衙矿区万洞山矿段铁金多金属矿床成矿特征

Fig. 4 Metallogenic characters of Fe-Au-polymetallic deposit in Wandongshan ore domain

$\eta\gamma\pi^1$. 石英正长斑岩; $\eta\gamma\pi^2$. 二长花岗斑岩; KT. 矿体

4-1. SN 向逆冲构造及角砾岩型矿体、斑岩胶结的磁-赤铁矿角砾特征; 4-2. 煌斑岩脉内斑岩“卵石”特征(万洞山矿段);

4-3. 砂岩内的磁铁矿脉及黄铁矿交代磁铁矿形成残余结构(右下, 反射光 $25\times$, 采自 55ZK30-B3, T_1q);

4-4. NE 向断裂构造产出特征; 4-5. EW 向的破矿构造产出特征;

4-6. 采场全景及两阶段斑岩体“火焰状”接触特征(万洞山矿段); 4-7. 两阶段斑岩体的波状接触特征(万洞山矿段);

4-8. 煌斑岩脉与斑岩体接触带发育的“反向脉”构造特征;

4-9. 砂卡岩内共生的磁铁矿、黄铁矿(采自 60ZK7_304 m, T_2b^{1+2})

及磁铁矿交代石榴子石形成残余结构(单偏光 $25\times$, 采自 60ZK7_293.20 m);

4-10. 晚期斑岩与早期砂卡岩接触特征; 4-11. 菱铁矿与方铅矿、(磁)黄铁矿、黄铜矿等(采自 68ZK30_440.50 m);

4-12. 菱铁矿与保留赤铁矿假象的磁铁矿及其解理内的赤铁矿残留

(采自 56ZK34_226.4 m; 采自 56ZK34_207 m, 反射光 $100\times$);

4-13. 菱铁矿胶结磁铁矿角砾岩块(上, 采自 56ZK7_1_356 m)及磁铁矿石内的定向硅质脉体(下, 采自 60ZK7_380 m)

4-14. 磁-赤铁矿氧化矿石内黄铁矿囊状集合体及黄铁矿矿物边缘的自然金颗粒(采自万洞山矿段 WD_NH_B11);

4-15. 压扭性逆冲构造及热液叠加改造的铁金矿体及绿帘石化及硅孔雀石铜矿化现象;

Mag. 磁铁矿; Mgh. 磁-赤铁矿; Lm. 褐铁矿; Gn. 方铅矿; Ccp. 黄铜矿; Mo. 辉钼矿;

Py. 黄铁矿; Po. 磁黄铁矿; Ccl. 硅孔雀石; Grt. 石榴子石; Ep. 绿帘石; Chl. 绿泥石; Qtz. 石英; Sd. 菱铁矿

3 蚀变与矿化特征

3.1 蚀变与矿化

万洞山矿段内斑岩与围岩蚀变、矿化作用强烈,矿化与蚀变关系密切;蚀变/矿化(体)呈透镜状、条带状、微细粒浸染状、脉状、团斑状产出于万洞山二长花岗斑岩内部、边部的陡缓过渡处(如KT52)及围岩裂隙、层间破碎带内(图5)。主要蚀变有钾化、绢云母化、高岭土化、矽卡岩化、硅化、大理岩化、绿泥石化、绿帘石化等;主要矿化除磁铁矿、磁-赤铁矿外,还包括褐铁矿、菱铁矿及黄铁矿、黄铜矿、毒砂、方铅矿、辉钼矿等硫化物矿化。与铁金成矿相关的蚀变矿化有矽卡岩化、钾化及磁-赤铁矿、黄铁矿等。

其中,由围岩至斑岩中心大致存在如下分带现象(图3、图5):灰褐色铁染(微细网脉状褐铁矿化)的砂屑白云岩(T_2b^3)→黄褐色脱碳酸盐化的“砂糖状”白云岩(T_2b^3s)→土黄色的大理化蠕虫状、瘤状灰岩→绿灰、灰色的大理岩化、(黄铁)矿化含泥质或泥质条带灰岩,且彼此间均呈渐变过渡的不规则波浪状接触,并有石英脉及矽卡岩矿物穿插发育(图4-9)→不规则的条带状、脉状矽卡岩化蚀变及铁金矿化,且与Ⅱ阶段矿化斑岩接触的矽卡岩边部有热烘烤边、密集石英细脉及黄铁矿等硫化物矿化发育(图4-10)→Ⅰ阶段的黄褐色二长花岗斑岩,沿裂隙两侧多有团状钾长石晶簇发育,部分为呈陡倾产出的褐(磁)铁矿化(脉)→斑岩内脉状、条带状硅化现象沿裂隙及其两侧较为发育,并有硫化物金属矿

化及绿帘-绿泥石化蚀变生成,部分硅质充填在早期铁质脉次生裂隙内,且沿铁质脉两侧存在褐色铁染现象→斑岩内钾长石斑晶明显变大增多,且沿裂隙出现大量的硫化物矿物,呈粒状集合体产出,少见铁质脉→Ⅱ阶段的灰白色二长花岗斑岩,全岩发育细粒(脉)浸染状硫化物矿化现象。

3.2 矿化特征

按矿化(体)形成及产出特征划分,由外围向岩体中心大致依次存在残坡积型铁金矿床、条带状(似层状)交代型铁金矿床、脉状及囊状充填型铁金矿床、铁金角砾岩型矿床等4类;原生矿近地表部分多形成褐铁矿、赤铁矿等氧化矿。

(1)残坡积型铁金矿(E_3p_KT):形成于凹凸不平的古喀斯特基岩剥蚀面之上,靠近原生矿体和基岩部位(图3),部分产于河湖相沉积底部($N_{1-2}s_KT$);主要由大量磁-赤铁矿砾石、铁质粘土及部分碳酸盐岩、碎屑岩、斑岩等砾石构成及砂泥质胶结物,砾石含量多在85%以上,从厘米级至米级大小不一,呈棱角-次棱角状杂乱分布,局部砾石含量较少,大小多为毫米级,呈次棱角-次圆状定向产出;总体为原生矿经风化-搬运就近沉积过程形成,属残坡积型铁金矿类型。

(2)条带状(似层状)交代型铁金矿:矿化主要产于矽卡岩化、磁铁矿化灰岩(T_2b^2s)和角岩化细碎屑岩(T_1q)内,多呈灰黑、钢灰色,条带状、似层状分布(图4-9);矿石矿物以磁铁矿为主,并叠加有少量穆磁铁矿、菱铁矿及方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、毒砂等,形成复杂的共伴生结构(图4-11),并有磁铁矿交代石榴子石矿物形成交代残余(溶蚀港湾)结构

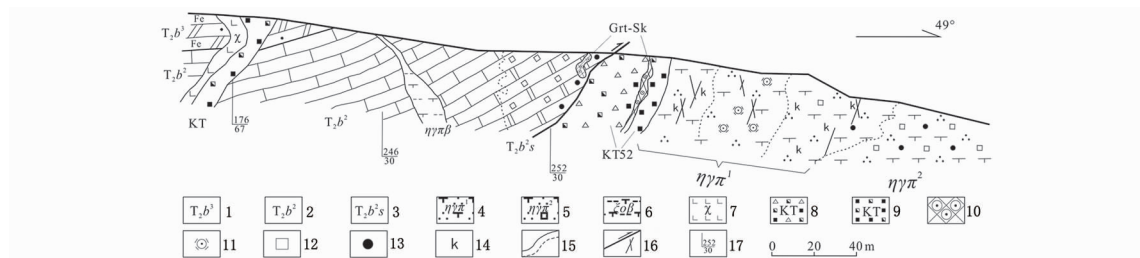


图5 北衙矿区万洞山矿段铁金多金属矿床蚀变分带图

(按⑥实测剖面08P修改)

Fig. 5 Mineralization-alteration zoning of Fe-Au-polymetallic deposit in Wandongshan ore domain

$\eta\gamma\pi^1$. 二长花岗斑岩; $\eta\gamma\pi^2$. 二长花岗斑岩; $\eta\gamma\pi^3$. 黑云母二长花岗斑岩;Grt-Sk. 石榴子石矽卡岩;KT. 矿体

1. 中三叠世北衙组三段;2. 中三叠世北衙组二段;3. 黄铁矿化、磁铁矿化、大理岩化灰岩;

4. I阶段石英正长斑岩;5. II阶段二长花岗斑岩;6. 黑云母二长花岗斑岩;7. 煌斑岩;

8. 角砾岩型铁金矿体;9. 脉状及囊状充填型铁金矿体;10. 石榴子石矽卡岩;

11. 硅化;12. 黄铁矿;13. 黄铜矿;14. 钾长石(化);15. 地质(岩性/蚀变)界线;16. 断层及节理;17. 产状

(图 4-9), 局部见磁铁矿呈角砾状为后期菱铁矿胶结(图 4-12); 磁铁矿石内存在定向排列的硅质脉体, 为富铁流体流动过程中所形成(图 4-13)。

(3) 脉状及囊状充填型铁金矿: 主要是围绕斑岩与围岩间隙(以规模最大的 KT52 矿体为典型代表), 以及斑岩、围岩内裂隙、层间破碎带及溶洞内发育, 呈规模不等的脉状、囊状, 偶见铁矿脉内的斑岩捕虏体; 矿体与围岩接触截然, 围岩内仅见较弱的褪色蚀变现象, 为富铁流体充填成因, 属岩浆热液成矿类型, 同时为区内最大规模成矿类型。其中, 矿石矿物主要为磁铁矿、磁-赤铁矿等, 后期叠加有脉状、囊状黄铁矿、黄铜矿、毒砂等金属硫化物矿化(图 4-14), 近地表矿石则多氧化成褐铁矿、赤铁矿等, 呈致密块状、蜂窝状(图 4-14), 并沿裂隙有孔雀石矿物生成。

(4) 角砾岩型铁金矿: 主要产于斑岩及围岩间的 SN 向逆冲构造破碎带内, 为脉状及囊状充填型铁金矿经后期构造叠加改造形成。其中, 角砾以磁铁矿、磁-赤铁矿、褐铁矿为主, 以及少部分碳酸盐岩, 含量在 90% 以上, 大小一般为分米级, 呈棱角-次棱角状, 并受后期压扭性逆冲构造作用多沿构造面定向排列(图 4-1); 胶结物主要为铁质风化物及构造泥等, 且经热液叠加过程而发生硅化、绿帘-绿泥石化蚀变(图 4-15)及金、铜、铅、钼等矿质沉积再富集作用, 属热液叠加成矿类型。

综上, 蚀变、矿化期次大致可划分早期原生矿化期和晚期的表生矿化期。原生矿化又分为两个阶段: I 阶段的矽卡岩化及磁、磁-赤铁矿类型(图 4-9), 表现为通过热液交代及充填方式形成团状、条带状、透镜状、“裂隙式”脉状蚀变及矿化, 并围绕斑岩体接触带、围岩层间破碎带及溶蚀坑洞内产出, 且斑岩内高含量的磁铁矿、褐铁矿等副矿物; II 阶段的硅化、钾化、碳酸盐化及金属硫化物类型(图 4-9、图 4-11、图 4-12), 表现为与 II 阶段二长花岗斑岩有密切关系, 亦是经热液交代及充填方式形成脉状、囊状蚀变矿化体, 并产于 II 阶段矿化斑岩、围岩及铁矿体内。其中, 黄铁矿为主要载金矿物(图 4-14), 其呈脉状、囊状(粒状集合体)充填于早期铁矿体裂隙、孔洞内(图 4-14); 其近地表多以氧化呈褐铁矿存在, 形成“蜂窝状”磁-赤铁矿石, 以致存在黄铁、黄铜矿等金属硫化物叠加的矿石类型普遍金品位较高(56ZK16_Au: 不含黄铁矿的磁铁矿石 $w(\text{Au}) = 0.27 \times 10^{-6} \sim 2.32 \times 10^{-6}$, 含黄铁矿的磁-赤铁矿石 $w(\text{Au}) = 9.13 \times 10^{-6} \sim 34.5 \times 10^{-6}$, “蜂窝状”氧化

的褐铁矿石 $w(\text{Au}) = 17.9 \times 10^{-6} \sim 30.2 \times 10^{-6}$)。因此, 金成矿应与晚期的黄铁矿、黄铜矿等金属硫化物成矿同期。表生矿化期主要表现为残坡积型铁金矿, 呈似层状、透镜状产于凹凸不平的基岩剥蚀面之上, 并靠近原生矿体附近部位。

4 讨论

4.1 成矿作用与类型

北衙铁金多金属矿床作为滇西地区重要的超大型矿床之一, 受到了许多学者的关注和研究。从成、控矿特征及矿物成生关系方面, 前人有“铁质熔浆”、“富铁质流体”和“岩浆岩型铁金矿”、“(斑岩)矽卡岩型铁金矿”^③的认识^[6-10], 且成矿流体源于深部岩浆(壳幔源)结晶分异过程^[11-13]; 经岩、矿石地球化学及 Sr、Nd、Pb、S、Si 同位素地球化学研究, 一致认为成矿物质来源于地幔, 受地壳不同程度混染, 与富碱岩浆为同源演化产物^[11-16]。

因此, 北衙铁金多金属成矿作用受富碱斑岩岩浆及其流体演化过程控制; 蚀变与矿化体多位于斑岩脉体边部的陡缓过渡处及碳酸盐岩围岩裂隙、层间破碎带内发育, 呈透镜状、似层状的热液交代及脉状、囊状的热液充填样式, 包括矽卡岩化、硅化、钾化、碳酸盐化等蚀变和磁-赤铁矿、菱铁矿及黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等金属硫化矿物。成矿作用可总结为“两种方式, 两个阶段”: 热液交代(透镜状、似层状)、热液充填(脉状、囊状)两种成矿方式; I 阶段矽卡岩化及磁、磁-赤铁矿和 II 阶段硅化、钾化、碳酸盐化及金属硫化物两个成矿阶段^[1]。II 阶段为金矿质元素沉淀富集成矿的主要阶段; 据金成色研究(平均成色为 890^[17]), 成矿热液为岩浆热液^[17]。

综上所述, 北衙铁金多金属矿床成矿作用为富碱斑岩岩浆深部结晶分异所成含矿质流体通过“两种方式, 两个阶段”在适合部位富集成矿, 且与碳酸盐岩仅发生有限的接触交代作用, 形成矽卡岩等交代蚀变岩规模较小; 北衙铁金多金属矿床厘定为岩浆热液矿床更为合理。

4.2 残坡积型铁金矿成矿时代

残坡积型铁金矿化体赋存于河湖相砂砾岩层底部, 凹凸不平的碳酸盐岩基岩剥蚀面之上; 其岩性自上而下为紫红色粘土层, 含砾粘土层, 砂砾石层, 其间有黑褐色的草煤后碳质泥岩夹层, 分为上部的河流相二元结构沉积和底部的快速堆积。关于残坡积

型铁金矿成矿年龄,也即河湖相沉积时代划分问题:区内该套沉积原为下或中更新统蛇山组($Q_{1-2}s$)^[18-20];蔡新平等^[7-8,15]将其划为上始新统丽江组(E_2l^{3-2}),其角度不整合上覆灰质角砾岩(E_2l^{3-2});后来对灰质角砾岩内碳酸盐胶结物 ESR 法测年年龄 $>1.5\sim 1.165\text{ Ma}$ ^[5],灰质角砾岩应为早中更新世坡积相灰质角砾岩($Q_{1-2}p$),两者构成晚始新世至早中更新世的穿时空“万洞山含矿堆积”^[8,16]。另有昆明理工大学(2001年)将灰质角砾岩($Q_{1-2}p$)定性为构造推覆体,其下伏的河湖相沉积则形成于更新世(Q_1);后经薛传东等^[20]对比周边数个新生代盆地河湖相沉积,将其厘定为中新统(N_1)^[20-21]。考虑到灰质角砾岩层有 ESR 年龄限制,目前争议比较大的是灰质角砾岩层下伏角度不整合或断层接触的河湖相沉积,而残坡积型铁金矿形成于河湖相沉积早期阶段。

通过万洞山采场大比例尺地质调查,灰质角砾岩为同构造活动期间,地表的碳酸盐岩破碎,并近距离搬运、堆积、胶结成岩,属残坡积物,与下伏河湖相沉积呈角度不整合接触,而非断层接触。NE 向成组产出的煌斑岩脉体内首次发现“卵石”捕虏体,岩性以早期斑岩、云煌岩为主,具极好的磨圆度,并与主岩接触截然,没有明显蚀变现象存在,预示着早期斑岩在煌斑岩脉上侵期间便存在着构造剥蚀过程(图4-2);鉴于 KT52 矿体内的云辉煌斑岩脉体侵入时间为 $27.81\text{ Ma} \pm 0.54\text{ Ma}$ (K-Ar 全岩年龄^[6,22]),即区内最年轻煌斑岩侵入年龄,因此剥蚀过程可能起始于渐新世中期($\sim 27\text{ Ma}$),残坡积铁金矿化体也于此时期形成。区内河湖相沉积与区域上西侧大面积出露的三营组(N_2s)地层对比,同为新近纪伸展、走滑构造活动形成的山间盆地(鹤庆盆地等)及同期的河湖相沉积^[21],具有典型的二元沉积结构及草煤夹层特征;西侧三营组内砂质岩石的宇宙成因核素埋藏年龄测试为 $4.2\text{ Ma} \pm 0.8\text{ Ma}$,而其顶部第四系更新统砾石层的宇宙成因核素埋藏年龄法测年年龄为 2 Ma ^[23-24],沉积于上新世时期(N_2),止于上新世晚期。也由此,该地区河湖相沉积可能延续至中新世(N_1)或上新世晚期(N_2)。

综上,剥蚀作用可能始于渐新世中期(E_3),残坡积矿化体可能在渐新世早期便已形成,并于中、上新世期间(N_{1+2})形成河湖相沉积。

4.3 成矿过程

综合上述成矿、控矿特征和各地质体及蚀变、矿化的成生关系及期次,北衙金多金属矿床成矿过程

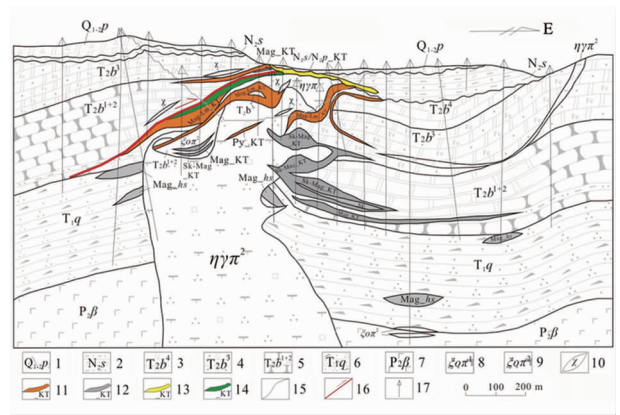


图6 北衙金多金属矿床成矿模式

(据文献[1]、注释①,修改)

Fig. 6 Metallogenic model of the Beiya Fe-Au-polymetallic deposit

$\eta\gamma\pi^1$: 二长花岗斑岩; $\eta\gamma\pi^2$: 二长花岗斑岩;

hs. 角岩; Sk. 砂卡岩; KT. 矿体

1. 更新世残坡积相灰质角砾岩;

2. 中、上新世河湖相含砂砾粘土、砂砾岩;

3. 中三叠世北衙组四段; 4. 中三叠世北衙组三段;

5. 中三叠世北衙组一、二段; 6. 早三叠世青天堡组;

7. 二叠纪峨眉山玄武岩; 8. I 阶段二长花岗斑岩;

9. II 阶段矿化二长花岗斑岩; 10. 煌斑岩脉;

11. 脉状及囊状充填型铁金矿体;

12. 条带状(似层状)交代型铁金矿;

13. 残坡积型铁金矿; 14. 角砾岩型铁金矿体;

15. 地质界线; 16. 断层; 17. 钻井

Mag. 磁铁矿; Lm. 褐铁矿; Py. 黄铁矿

归纳如图6所述。

自始新世以来,该区经历了(印度板块与欧亚大陆)主碰撞陆陆汇聚阶段($65\sim 41\text{ Ma}$)、晚碰撞构造转换阶段($40\sim 26\text{ Ma}$)及后碰撞地壳伸展阶段($25\sim 0\text{ Ma}$)^[25-26],并伴随近 SN 向的褶皱推覆、压扭性及张扭性走滑、近 EW 向伸展等构造作用和相应期次的富碱岩浆活动^[2]。其中,在构造转换时期($40\sim 26\text{ Ma}$)所出现的幕式应力松弛、下地壳减薄背景下,先期的 SN 向压扭性逆冲构造转为张扭性走滑构造,形成了马鞍山深大断裂带及 EW 向隐伏基底断裂构造;同时,幔源区或下地壳发生减压熔融,富硅、含矿质流体与富碱岩浆于深部发生结晶分异作用,呈不混融状沿同生断裂上涌,至浅表层次有利就位成岩成矿,造就了始新世—渐新世($38\sim 33\text{ Ma}$)时期大规模富碱斑岩活动及成矿作用的发生^[25]。

马鞍山断裂多期次、复合性质的活动造成了 I 阶段二长花岗斑岩($\eta\gamma\pi^1$, 锆石 U-Pb LA-ICP-MS: $37.59\text{ Ma} \pm 0.24\text{ Ma}$ ^⑥)和 II 阶段矿化二长花岗斑岩

($\eta\gamma\pi^2$, 锆石 U-Pb LA-ICP-MS: $36.11 \text{ Ma} \pm 0.25 \text{ Ma}$ 或 $37.09 \text{ Ma} \pm 0.12 \text{ Ma}$ ®)底辟上侵,并形成了一定程度的构造穹隆、破碎及大规模蚀变矿化(详见文献[1])。原生矿床形成后,伴随着渐新世早期的构造隆升及地表水流(现今的锅厂河等)剥蚀、化学风化过程,近地表部分形成了厚达 300 多米的氧化带及河湖相含砂砾粘土—砂砾岩($N_{1-2}s$)底部、古喀斯特基岩剥蚀面之上的“残坡积”^[28]含砂砾粘土—砂砾岩的残坡积型铁金矿体(E_3p_KT 、 $N_{1-2}s_KT$)。

5 结语

(1)北衙铁金多金属矿床属于岩浆热液矿床类型,其成矿作用可总结为“两种方式,两个阶段”,即热液(接触)交代、热液充填两种成矿方式,早期的砂卡岩化及磁、磁—赤铁矿和晚期的硅化、钾化、碳酸盐化及金属硫化矿物两个成矿阶段。

(2)区内剥蚀作用可能始于渐新世早期,于中新世期间形成河湖相沉积,残坡积矿化体可能在渐新世早期便已形成。

致谢:野外期间得到了云南黄金矿业集团北衙项目部各位领导、同仁的大力支持;室内分析研究过程中得到了范文玉老师、丛峰师兄及石红召师姐的热心帮助,在此表示由衷感谢!

注释:

- ① 云南黄金矿业集团股份有限公司. 北衙铁金矿区详查报告[R]. 2011.
- ② 中国地质大学(北京). 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]. 2008.
- ③ 地质部云南省地质局. 1:20万鹤庆幅地质报告书[R]. 1966.
- ④ 云南省地质调查院. 1:25万福贡县幅、丽江市幅区域地质调查报告[R]. 2008.
- ⑤ 中科院地质与地球物理研究所. 北衙金矿成矿预测及矿区验证工程设计书[R]. 2001.
- ⑥ 成都地质调查中心. 北衙地区三维地质调查成果报告(内部资料)[R]. 2015.

参考文献:

- [1] 侯增谦, 钟大赉, 邓万明. 青藏高原东缘斑岩铜钼金成矿带的构造模式[J]. 中国地质, 2004, 31(1): 1-14.
- [2] 潘桂棠, 徐强, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [3] 李文昌, 莫宣学. 西南“三江”地区新生代构造及其成矿作用

[J]. 云南地质, 2001(4): 333-346.

- [4] 徐兴旺, 蔡新平, 肖骑彬, 等. 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, 2003, 18(6): 912-920.
- [5] Xu X W, Cai X P, Xiao Q B, et al. Porphyry Cu-Au and associated polymetallic Fe-Cu-Au deposits in Beiya area, Yunnan, China[J]. Ore Geology Reviews, 2007(31): 224-246.
- [6] 徐兴旺, 蔡新平, 张宝林, 等. 滇西北衙金矿床类型与结构模型[J]. 矿床地质, 2007(3): 249-264.
- [7] 蔡新平, 刘秉光, 李成云, 等. 滇西北衙金矿床特征及成因初探[J]. 黄金科学技术, 1991(7): 7-19.
- [8] 蔡新平, 刘秉光, 赵大升. 滇西北衙金矿床特征、成因及靶区预测[R]. 北京: 中国科学院地质研究所, 1991.
- [9] 李俊, 丁俊, 牛浩斌, 等. 滇西北衙金多金属矿床磁铁矿元素地球化学特征及其对成矿作用的制约[J]. 矿床地质, 2016(2): 395-413.
- [10] 肖晓牛, 喻学惠, 莫宣学, 等. 滇西北衙金多金属矿床成矿地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2011(2): 170-179.
- [11] 肖晓牛, 喻学惠, 莫宣学, 等. 滇西北衙金多金属矿床流体包裹体研究[J]. 地学前缘, 2009(2): 250-261.
- [12] 肖晓牛. 滇西北衙地区富碱斑岩及其金多金属成矿作用[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- [13] 赵甫峰, 刘显凡, 楚亚婷, 等. 滇西富碱斑岩中特殊包体岩石的流体包裹体幔源不混溶特征[J]. 地球化学, 2011(4): 305-323.
- [14] 刘显凡, 宋祥峰, 卢秋霞, 等. 地幔流体在滇西富碱斑岩成岩成矿过程中的作用——地质年代学 and 同位素地球化学制约[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006(4): 503-510.
- [15] 蔡新平. 滇西北衙金矿床特征、成因及找矿远景预测[M]. 中国金矿地质地球化学研究, 北京: 科学出版社, 1993.
- [16] 周云满, 高起方, 刘志斌, 等. 滇西北衙金多金属矿床的赋存状态研究[J]. 矿物学报, 2017, 37(1): 231-245.
- [17] 李鼎容, 黄兴根, 王安德, 等. 滇西北第四系的划分[J]. 地质论评, 2012, 33(2): 105-114.
- [18] 赵国光. 滇西北大理丽江地区新生代地层及构造的初步观察[J]. 地质论评, 2012, 23(5): 345-358.
- [19] 宗冠福. 关于丽江盆地蛇山组的时代问题[J]. 地层学杂志, 1989(1): 68-70.
- [20] 薛传东, 侯增谦, 刘星, 等. 滇西北衙金多金属矿床的成岩成矿作用: 对印-亚碰撞造山过程的响应[J]. 岩石学报, 2008(3): 457-472.
- [21] Xu X W, Lin Z B, Qin Z K, et al. Origin of lamprophyres by the mixing of basic and alkaline melts in magma chamber in Beiya area, western Yunnan, China [J]. Lithos, 2007(99): 339-362.
- [22] 郑勇, 贾君, 聂喜柯, 等. 云南三营组宇宙成因核素埋藏年龄及成因[J]. 中国科学: 地球科学, 2014(7): 1443-1451.
- [23] Zheng Y, Jia J, Nie X, et al. Cosmogenic nuclide burial age of the Sanying Formation and its implications[J]. Science China Earth Sciences, 2014, 57(6): 1141-1149.
- [24] 邓军, 杨立强, 王长明. 三江特提斯复合造山与成矿作用研究进展[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2501-2509.

- [25] 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 等. 青藏高原碰撞造山带: II. 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 2006(5): 521-543.
- [26] Kretz R. Symbols for rock-forming minerals[J]. American Mineralogist, 1983, 68: 277-279.
- [27] 和中华, 周云满, 和文言, 等. 滇西北衙超大型金多金属矿床成因类型及成矿规律[J]. 矿床地质, 2013(2): 244-258.

Metallogenic characteristics and two stages mineralization of the Beiya Fe-Au-polymetallic deposit in western Yunnan

NIU Haobin, LI Jun, NING Kuobu, WANG Peng, REN Fei, SUN Jiancheng, DING Jun

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, China)

Abstract: The Beiya Fe-Au-polymetallic deposit is one of the typical mineral deposits within alkali-rich porphyry polymetallic metallogenic belt in Sanjiang area of the southwest China. Mineralization is strictly controlled by alkali-rich porphyry bodies and the related deep faults and accompanied by multi-stage intrusion of alkali-rich porphyry dykes and hydrothermal metasomatism and wall rock alterations and ore material concentration and secondary concentration of the material constituting a complex porphyry-skarn metallogenic system and a supergene metallogenic system. Based on geological mapping at large scale in Wandongshan ore domain relation between various geological bodies are redefined and recombed and detail metallogenic and geological characteristics and ideal of two stage mineralization are obtained.

Key Words: Beiya iron gold polymetallic deposit; metallogenic characteristics; metallogenic model; Wandongshan; Beiya; western Yunnan