金沙江中段含锰铁矿化点的发现及其找矿前景

何世平, 辜平阳, 李荣社, 王 超, 于浦生, 时 超, 查显锋
HE Shi-ping, GU Ping-yang, LI Rong-she, WANG Chao,
YU Pu-sheng, SHI Chao, ZHA Xian-feng

中国地质调查局西安地质调查中心(西安地质矿产研究所), 陕西 西安 710054
Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Xi'an 710054, *Shaanxi, China*

摘要: 西金乌兰-金沙江缝合带东侧原雄松群为一套变基性火山-碎屑岩系, 是否属于前寒武系一直存在争议。野外调研期间发现铁矿化线索, 初步认为铁矿化与原雄松群变基性火山作用关系密切, 并受到印支期二长花岗岩的改造叠加, 具有较大成矿潜力。矿石多呈块状、蜂窝状、角砾状, 少数呈气泡状、瘤状、绳状。矿石矿物主要为含锰磁铁矿, 少量赤铁矿、褐铁矿、孔雀石及氧化残留黄铁矿。捡块样分析, TFe 多在 50%以上, 属于含锰富铁矿。通过 LA-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 同位素测年, 赋矿变玄武岩的岩浆喷发时代为(228.3±2.1)Ma, 表明该地段雄松群的时代为中三叠世, 成矿时代也为中三叠世。含矿变基性火山岩为具 E-MORB 地球化学特征的拉斑玄武岩系列, 指示成矿构造环境可能为小洋盆。铁矿化点与地面高磁异常基本吻合。在金沙江中段甚至更大的范围内, 与中三叠世变基性火山岩系(原划雄松群)配套的高磁异常区, 是寻找火山岩型含锰磁铁矿的重要方向, 可能伴生铜-多金属矿化。

关键词: 金沙江中段; 含锰铁矿化; 变玄武岩; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年; 找矿前景
中图分类号: P618.32; P618.31; P612 **文献标志码**: A **文章编号**: 1671-2552(2011)10-1587-11

He S P, Gu P Y, Li R S, Wang C, Yu P S, Shi C, Zha X F. The discovery of the manganese-bearing iron mineralization spots in the central segment of the Jinsha River and the prospecting potential. *Geological Bulletin of China,* 2011, 30(10): 1587-1597

Abstract: Located in eastern Xijinwulan-Jinshajiang suture zone and composed of the rock series of metamorphic basic volcanic rocks-clastic rocks, the original Xiongsong Group has been an object of long-term controversy as to whether it belongs to Precambria or not. Some iron mineralization spots were found during the investigation, and it is thus believed that iron mineralization was closely related to the volcanism with the simultaneous superimposition of the Indosinian monzogranite, implying an excellent metallogenic condition and prospecting potential. Iron ores mainly show massive, beehive and brecciated forms, with subordinate bubble, tumor and rope forms. Ore minerals are mainly manganese-bearing magnetite and subordinately hematite, limonite, malachite and relict pyrite of oxidation. The content of TFe from the sample can be over 50%, implying richness of Fe. High resolution LA-ICP-MS zircon U-Pb in situ dating yielded the age of 228.3±2.1 Ma for meta-basic basalt as the host rock of the ore deposit, which shows that the eruption age of Xiongsong Group related closely to mineralization is Middle Triassic. The chemical characteristics of the ore-bearing meta-basic volcanic rocks are similar to those of E-MORB, suggesting the tholeiite series and implying the tectonic setting of a small ocean basin. Meanwhile, the iron ore spots are well consistent with the ground high aeromagnetic anomalies. This may constitute an important clue for finding volcanic type manganese-bearing iron deposits in the middle Jinsha River region and its adjacent areas.

Key words: central segment of Jinshajiang River; manganese-bearing iron mineralization; meta-basalt; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; ore prospecting potential

收稿日期: 2011-03-30; **修订日期**: 2011-07-04
资助项目: 中国地质调查局地质大调查项目《青藏高原前寒武纪地质、古生代构造-古地理综合研究》(编号: 1212010610102)
作者简介: 何世平(1963-), 男, 研究员, 从事区域地质、矿床地质、地球化学研究。E-mail: xakeyi@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

西南三江(怒江、澜沧江、金沙江)有色金属和贵金属成矿带是全球“特提斯”成矿域的重要组成部分[1]。因受印度板块、太平洋板块和欧亚板块相互作用的影响，西南三江地区在地质构造上显示出复杂性和多样性，独特的演化历史和强烈的构造-岩浆活动造就了十分有利的成矿地质环境[2]。长期以来，众多地质学者从不同角度对西南三江地区成矿条件和找矿前景进行了分析研究[1-17]，并对重要矿种进行了成矿预测和找矿靶区优选[18-22]。已发现江达玉龙铜矿、兰坪金顶铅锌矿、德钦羊拉铜矿、维西白秧坪银铅锌矿、思茅大平掌铜矿、中甸普朗铜矿、金平长安金矿等大型、超大型矿床，铜、铅、锌、银等矿床(点)数百处。由于三江地区地形、气候等自然条件差，交通不便，覆盖严重，地质构造复杂，该区的找矿潜力仍很大。

笔者于 2009 年在金沙江中段进行雄松群变质火山-沉积岩系研究中，发现了重要的含锰铁矿化线索；2010 年，围绕该铁矿化点进行了地表调研，初步认为矿化与原划雄松群中基性火山作用关系密切，并受到印支期二长花岗岩的改造。本文重点报道新发现含锰铁矿化的地质特征、矿化岩系形成的构造环境，同时结合最新的基础地质研究成果，分析找矿前景和找矿方向，力图为该区实现找矿工作的重大突破提供重要的地质信息。

1 区域地质背景

研究区地处青藏高原东缘，四川省西部金沙江中段的巴塘县，与西藏芒康县毗邻。大地构造位置位于中甸地块西缘(图 1)，向西以西金乌兰-金沙江缝合带为界与北羌塘地块(昌都地块)相邻，属于特提斯构造域由近东西向构造转换为近南北向构造的转折部位。

区内出露的地层主要为雄松群(Pt_2X)、查马贡群($Z\in C$)、小坝冲沟组($\in_{1-2} xb$)、额顶组($\in_3 e$)、颂达沟组($\in_3 s$)、散则组($S_{2-3} s$)、雍忍组($S_4 y$)、然西组(SDr)、格绒组($D_1 g$)、穷错组($D_2 q$)、党恩组($T_1 d$)、列衣组($T_2 ly$)和图姆沟组($T_3 t$)。雄松群分布于研究区西部(图 1)，呈断块状产出，被北北西—南南东向展布的金沙江蛇绿混杂岩带(CTJ)分隔为东西 2 部分，其中金沙江蛇绿混杂岩带内也有少量雄松群岩块。研究区中部为晚三叠世二长花岗岩，侵入雄松群(Pt_2X)、小坝冲沟组($\in_{1-2} xb$)和额顶组($\in_3 e$)。

雄松群由青海区调队 1991 年创名于西藏贡觉县雄松区，位于西金乌兰-金沙江缝合带(金沙江蛇绿混杂岩)西侧的北羌塘地块。该群主要岩性为：片岩、片麻岩、斜长角闪岩和大理岩，原岩为泥质岩、中基性火成岩、碳酸盐岩，变质程度一般为高绿片岩相，最高达低角闪岩相。对分布于金沙江沿岸的雄松群的划分和时代一直存在分歧：一种意见认为属早二叠世额阿钦群和志留系—泥盆系然西组[23-24]，另一种意见则认为归前寒武纪[25-28]。1:25 万新龙县幅区调报告①认为四川区调队所建的额阿钦群②与西藏的雄松群实质上为同一套地层，从而采用雄松群名称代替额阿钦群的名称。

分布于西金乌兰-金沙江缝合带(金沙江蛇绿混杂岩)东侧中甸地块西缘的雄松群主要岩性为：千枚岩、绢云石英片岩、石榴二云母片岩、变基性火山岩、中基性火山碎屑岩和结晶灰岩，变质程度一般为低绿片岩相。西金乌兰-金沙江缝合带东、西两侧分属 2 个构造单元的北羌塘地块和中甸地块均分布有雄松群，岩石组合和变质程度方面均存在较大差异，在区域构造分析时难以解释，且雄松群是否属于前寒武系一直存在争议。

笔者在青藏高原前寒武纪地质综合研究的过程中，对分布于西金乌兰-金沙江缝合带东侧原划的雄松群进行了重点研究。野外调研期间于四川省巴塘县东北发现了大量磁铁矿转石，经追索在晚三叠世二长花岗岩侵入雄松群的外接触带变基性火山岩系中发现了重要的含锰铁矿化线索，并对该地段雄松群的原岩形成时代提出质疑(详见下文)。

2 含锰铁矿化特征

最先发现的磁铁矿转石较大(图版Ⅰ-A)，呈浑圆状，粒径 38cm×40cm。顺沟向上追索，在半坡上发现蜂窝状磁铁矿和瘤状、角砾状磁铁矿石准露头(图版Ⅰ-B、C)，且矿石数量明显增多。再向上追索，在晚三叠世二长花岗岩外接触带原划雄松群的变基性火山岩系中发现褐铁矿化磁铁矿石露头(图版Ⅰ-D)，由于覆盖严重，无法确定矿化体的产出状态及其与火山岩系之间的关系。铁矿石多呈块状、蜂窝状、角砾状构造，并有气泡状、瘤状、绳状、似波状磁铁矿石，矿石矿物主要为磁铁矿，风化后为褐铁矿，可见到少量孔雀石和风化残留的黄铁矿。铁矿化体出露部分延长大约 500m，宽约 80m，由于第四

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

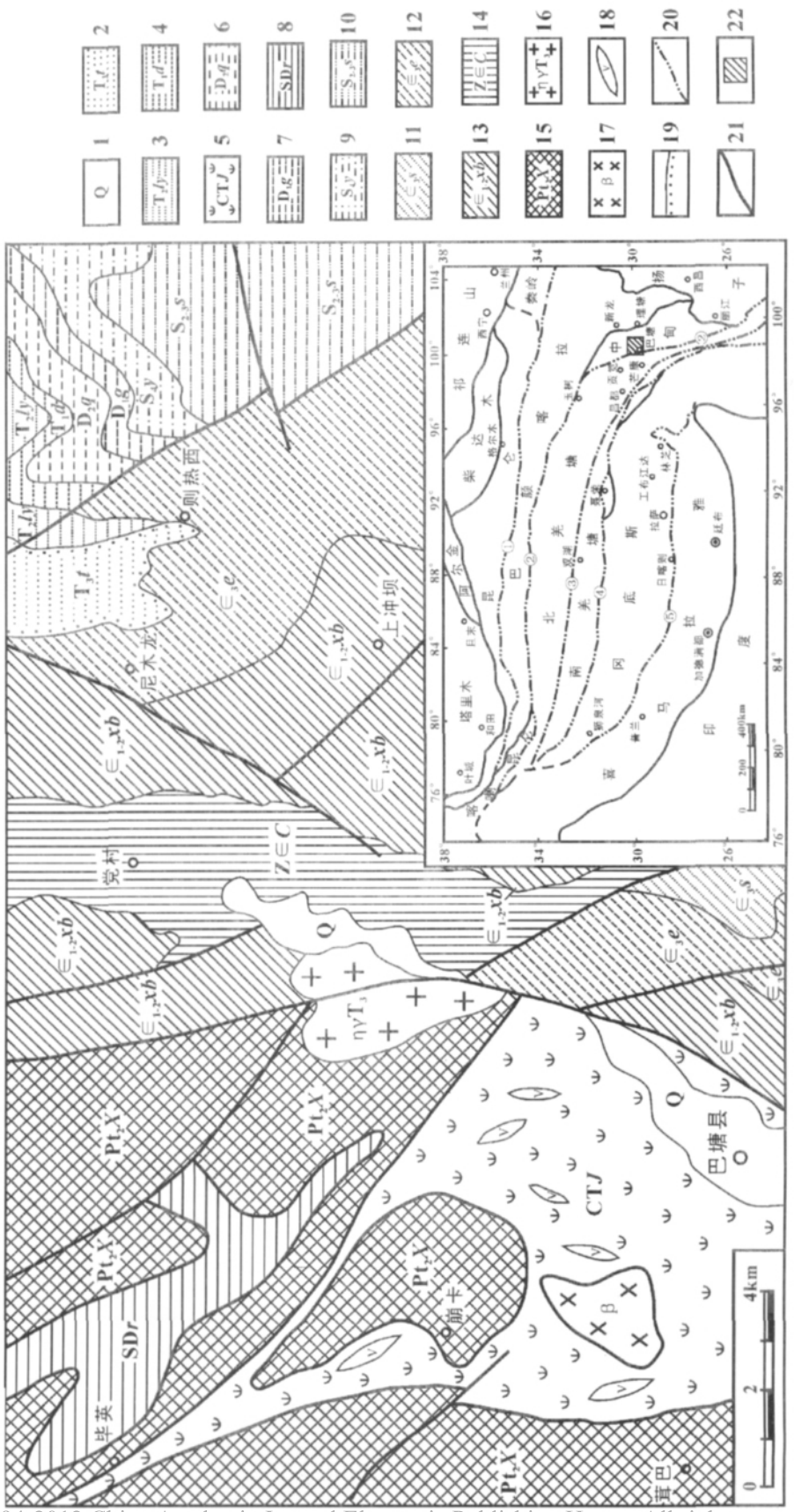


图 1　川西巴塘—带地质简图(据参考文献①修编)

Fig. 1　Geological sketch map of Batang County, western Sichuan

1—第四系;2—上三叠统图姆沟组;3—中三叠统列衣组;4—下三叠统党恩组;5—石炭系—三叠系金沙江蛇绿混杂岩;6—中泥盆统穷错组;7—下泥盆统格统组;8—志留系—泥盆系然西组;9—顶志留统蒙忍组;10—中—上志留统散则组;11—上寒武统达沟组;12—上寒武统额顶组;13—下—中寒武统小坝冲沟组;14—震旦系—寒武系查马贡群;15—中元古界雄松群;16—晚三叠世二长花岗岩;17—辉绿岩;18—辉长岩脉;19—不整合接触界线;20—缝合带;21—断层;22—研究区范围;①康西瓦—木农塔格—玛沁—勉县—略阳缝合带;②西金乌兰—金沙江缝合带;③龙木错—双湖—澜沧江缝合带;④班公湖—丁青—怒江缝合带;⑤印度河—雅鲁藏布江缝合带

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

系和森林覆盖严重，铁矿化体的规模有待进一步查证。

经 X 光衍射物相分析(由西安地质矿产研究所测试中心测试)和矿相镜下鉴定,铁矿石主要矿物为含锰磁铁矿(图版Ⅰ-E),含少量赤铁矿、褐铁矿和角闪石。铁矿捡块样简项分析结果(表 1)表明,TFe 含量较高,多在 50%以上,属于含锰富铁矿。

矿化围岩主要为变玄武岩，少量变辉绿岩和辉石岩，靠近晚三叠世二长花岗岩接触部位的变玄武岩发生了硅化、角岩化。变玄武岩为块状构造,斑状结构(图版Ⅰ-F);斑晶为含锰透闪石(约占 2%)和钠黝帘石化斜长石(约 2%),基质为微晶斜长石(约 50%)、绿帘石(约 26%)和角闪石(约 20%)。变辉绿岩具典型的辉绿结构(图版Ⅰ-G),细条状钠黝帘石化斜长石(约 65%)格架内充填细粒状辉石(约 35%)。辉石岩具它形—半自形粒状结构(图版Ⅰ-H),主要为辉石(约 85%),含少量含锰透闪石(约 14%),副矿物为磷灰石(约 1%)。

晚三叠世二长花岗岩为小型岩体,中细粒结构、似斑状结构,块状构造,岩石中有少量辉石正长岩和闪长岩包体。似斑晶为钾长石(0%~20%),局部具定向性;基质为中细粒结构,由石英(22%~25%)、斜长石(30%~40%)、钾长石(约 7%)、黑云母(约 5%)、白云母(约 2%)等矿物组成,副矿物为磷灰石、锆石。

根据野外调研和综合分析，初步认为铁矿化与原划雄松群的变基性火山岩系具有密切的成因联系,矿化类型属于火山岩型。晚三叠世二长花岗岩对其有改造富集作用。

表 1 铁矿石 TFe 含量分析

Table 1 TFe content of iron ore

样号	样品命名	TFe/%
09X-7	块状磁铁矿转石	64.65
10CY-1-1	蜂窝状褐铁矿化磁铁矿	57.29
10CY-1-2	块状褐铁矿化磁铁矿	61.39
10CY-1-3	蜂窝状褐铁矿化磁铁矿	48.67
10CY-1-4	蜂窝状褐铁矿化磁铁矿	53.24
10CY-3-1	蜂窝状褐铁矿化磁铁矿	55.28
10CY-3-5	褐铁矿化磁铁矿	33.02
10CY-3-7	块状褐铁矿化磁铁矿	66.79
10CY-3-8	块状褐铁矿化磁铁矿	53.51
10CY-3-9	块状褐铁矿化磁铁矿	66.86

注:全铁(TFe)由西安地质矿产研究所测试中心分析

3 成矿地质背景

3.1 锆石 U-Pb 测年

选择铁矿化体直接围岩变玄武岩(09X-6)为测试对象。锆石单矿物挑选在国土资源部河北省地质矿产局廊坊实验室完成,锆石阴极发光(CL)照相和 LA-ICP-MS 锆石微区 U-Pb 年龄测定在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。

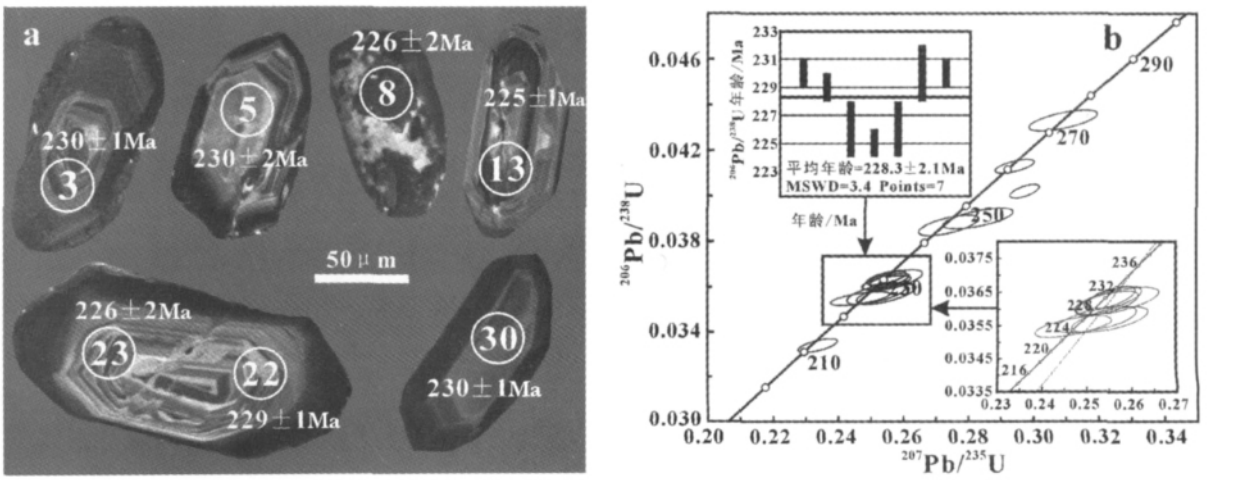


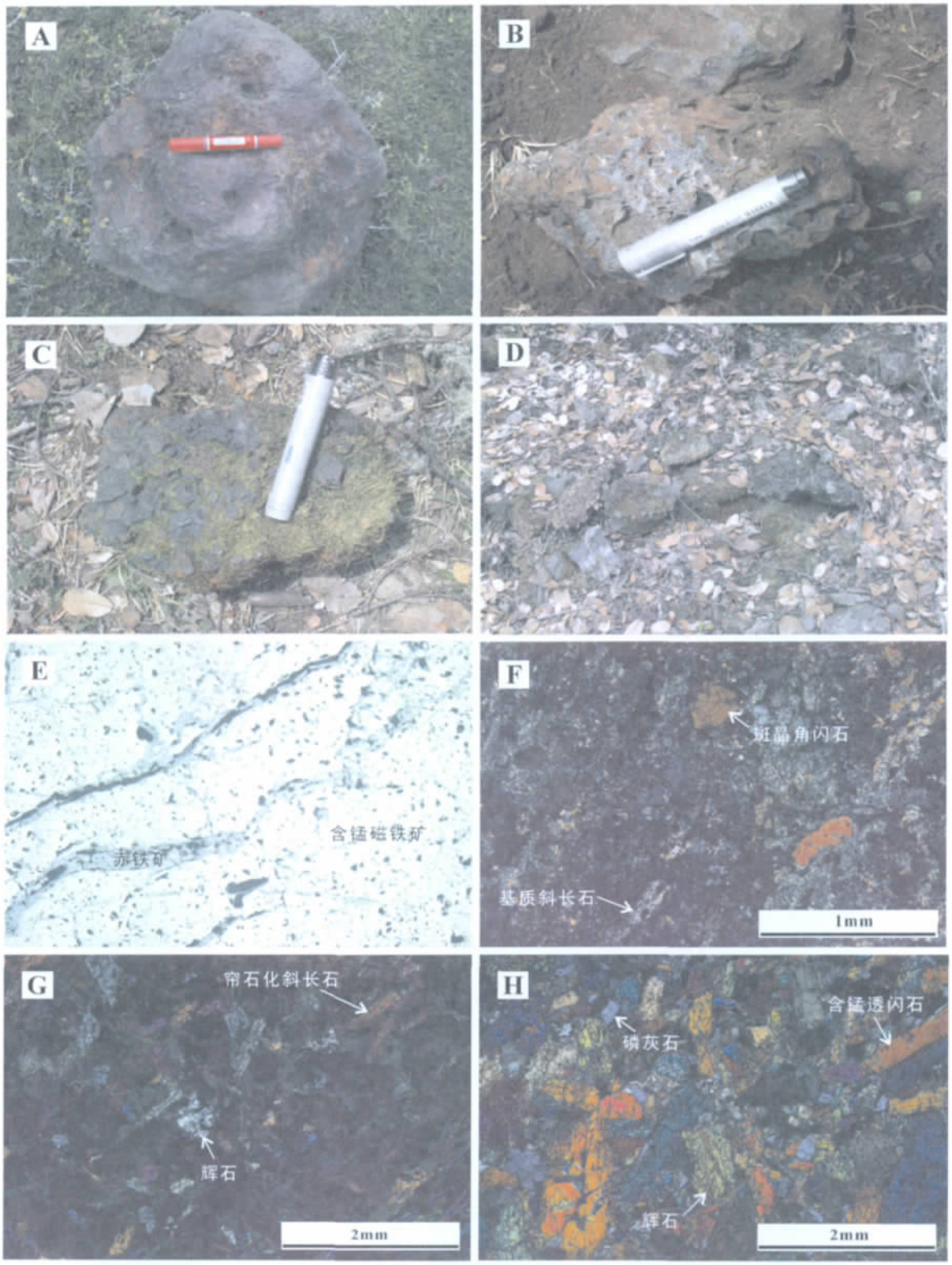
图 2 原雄松群变玄武岩(09X-6)锆石 CL 图像(a)和锆石 U-Pb 谐和图(b)

Fig. 2 CL images(a) and U-Pb concordia diagrams(b)of zircons from the meta-basalt in original Xiongsong Group

锆石中的圆圈为激光剥蚀的示意范围,其内的数字为测点编号。圆圈外的数字为 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

图版 I　Plate I



A—磁铁矿转石;B—蜂窝状磁铁矿石;C—瘤状、角砾状磁铁矿石;D—产于变基性火山岩中的褐铁矿化磁铁矿石;E—含锰磁铁矿、赤铁矿显微特征(10×10,+);F—变玄武岩显微特征(2.5×10,+);G—变辉绿岩显微特征(5×10,+);H—辉石岩显微特征(5×10,+)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

变玄武岩(09X-6)中获得的锆石多呈半自形—它形柱状,粒径多在(60×100)~(80×180)μm 之间。锆石 CL 图像(图 2-a)显示,多数锆石内部发育环带结构,表现出岩浆成因锆石的特征。锆石 U-Pb 同位素测试数据经普通 Pb 校正后,有效测试点 16 个(表 2)。8 个老锆石测点(1、14、15、19、21、26、28、29 测点,表面年龄介于 245~1084Ma 之间)和 1 个年轻锆石测点(24 测点,表面年龄为 211Ma)发散分布。在锆石 U-Pb 谐和图中,有 7 个点(3、5、8、13、22、23、30 测点)成群集中分布于谐和线上(图 2-b),$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄介于 225~230Ma 之间,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值为(228.3±2.1)Ma(MSWD=3.4),Th/U 比值较高(0.29~0.59),表明这些锆石应为同期岩浆结晶成因的。因此,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值(228.3±2.1)Ma 代表变玄武岩的形成年龄,相当于中三叠世。

由于铁矿化与变基性火山岩系具有成生关系,认为铁矿化成矿时代也为中三叠世。

3.2 岩石地球化学特征

铁矿化围岩变玄武岩的主量元素、微量元素和稀土元素含量由西安地质矿产研究所测试中心分析(表 3)。变玄武岩 SiO_2 较低(47.81%~51.30%),MgO 较高(8.34%~9.30%),MgO/TFeO 介于 0.90~1.08 之间,Al_2O_3 较高(15.85%~16.25%),Na_2O 高(2.13%~3.52%),K_2O 低(0.16%~0.86%),Na_2O/K_2O 介于 3.15~21.31 之间,TiO_2 含量(0.76%~1.36%)略低于 MORB 的 TiO_2 含量(平均 1.5%)。

在 SiO_2-Nb/Y 和 TFeO/MgO-SiO_2 图解(图 3)中,样品点主体分布于拉斑系列范围,岩石类型以玄武岩为主。

变玄武岩稀土元素(REE)分配型式总体相似,稀土总量主体偏低($\sum REE=28.76\times10^{-6}$~$40.85\times10^{-6}$),总体为轻稀土元素(LREE)略微富集的平坦曲线(图 4-a),$(La/Sm)_N$ 介于 0.73~1.35 之间,$(La/Yb)_N$ 介于 0.72~1.40 之间,Eu 略具负异常($\delta Eu=0.87$~0.97)。铁矿化围岩变玄武岩的稀土元素总体具有 E-MORB 的特征。

铁矿化围岩变玄武岩微量元素经原始地幔标准化后,除了强不相容大离子亲石元素(Cs、Rb、Ba 相对富集,部分 Th、U、K 亏损,P 整体亏损)外,高场强元素总体具有 E-MORB 的分配型式(图 4-b),呈近平坦型的曲线。Zr 丰度为 45.2×10^{-6}~108×10^{-6},多数集中于 45.2×10^{-6}~57.5×10^{-6} 之间,与 E-MOERB 近似;Hf 丰度为 1.32×10^{-6}~2.64×10^{-6},与洋中脊玄武岩(MORB)近似;Nb 和 Ta 的丰度分别变化于 2.88×10^{-6}~6.2×10^{-6} 和 0.19×10^{-6}~0.38×10^{-6} 之间,位于 E-MORB 的范围内。Zr/Nb 比值主要介于 8.85~19.97 之间,总体介于 8.85~13.91 之间,与 E-MORB(N-MORB 的 Zr/Nb 略高于 30,E-MORB 和洋岛拉斑玄武岩的 Zr/Nb 约为 10,Wilson,1989)相近。

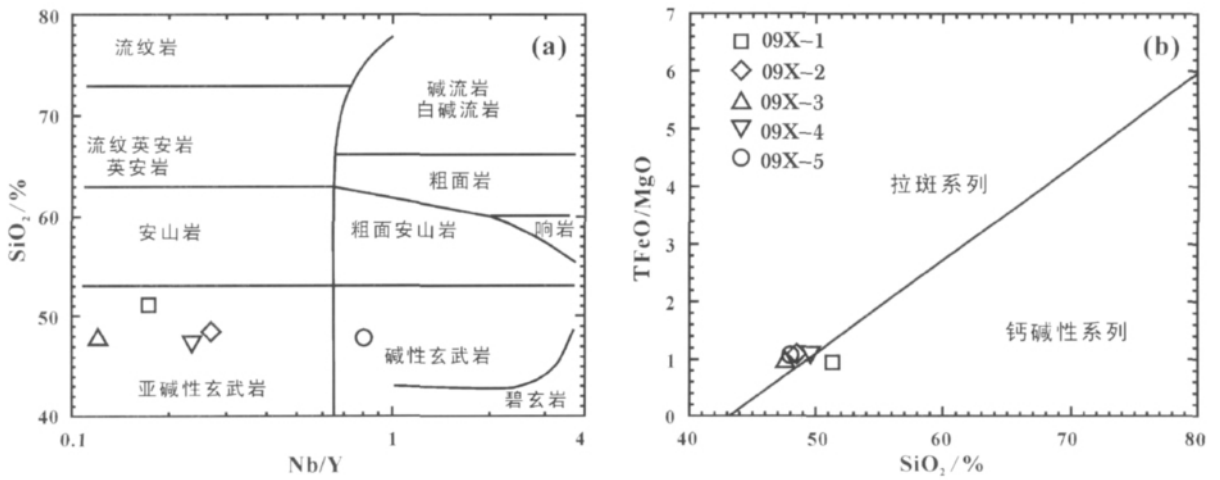


图 3 四川省巴塘县北雄松群变玄武岩 SiO_2-Nb/Y(a,据 Winchester 等,1977)和 TFeO/MgO-SiO_2(b,据 Miyashiro,1975)图解

Fig. 3 SiO_2-Nb/Y (a) and TFeO/MgO-SiO_2 (b) diagrams of meta-basalt in Xiongsong Group, northern Batang County, Sichuan Province

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

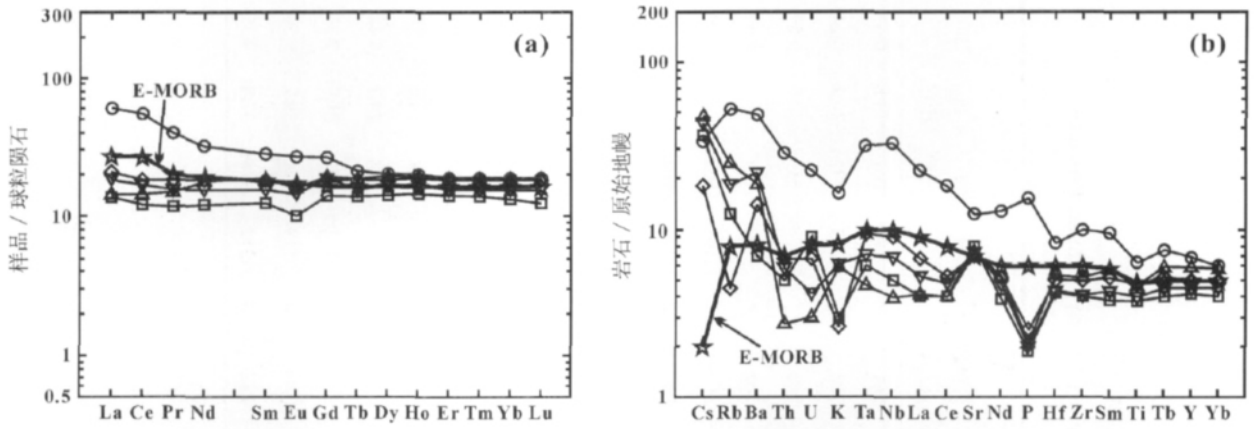


图 4　四川省巴塘县北雄松群变玄武岩稀土元素分配型式(a)和微量元素原始地幔标准化分配型式(b)
(标准化值据 Sun et al ,1989)

Fig. 4　Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive mantle normalized spidergram (b) of meta-basalt in Xiongsong Group, northern Batang County, Sichuan Province

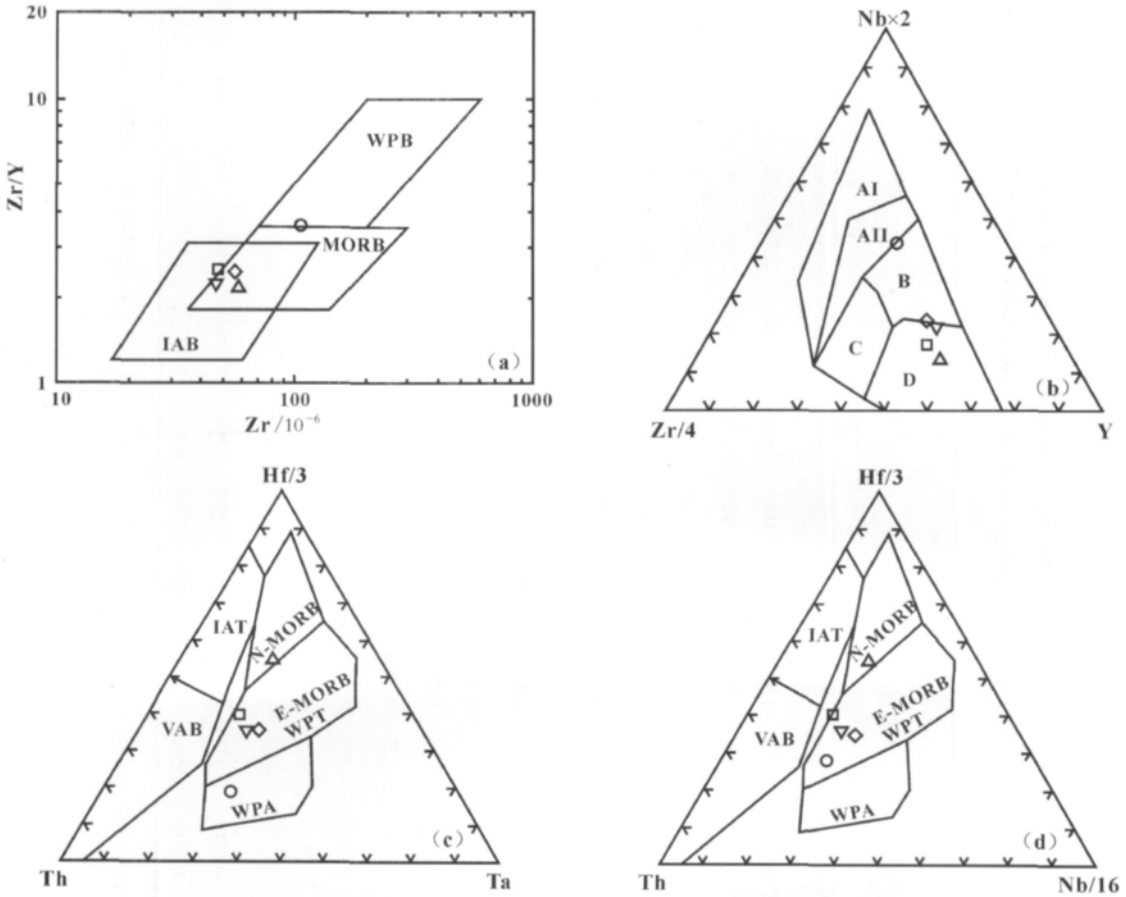


图 5　铁矿化围岩变玄武岩构造环境判别图

Fig. 5　Diagrams of the tectonic setting for meta-basalt as the host rocks of iron mineralization

a 图据 Pearce 等(1973),WPB:板内玄武岩,IAB:岛弧玄武岩,MORB:洋脊玄武岩;b 图据 Meschede(1986),AⅠ、AⅡ:板内碱性玄武岩,AⅡ-C:板内拉斑玄武岩,B:过渡洋中脊玄武岩,D:正常洋中脊玄武岩,C-D:火山弧玄武岩;c 图和 d 图据 Wood(1980),N-MORB:正常洋脊玄武岩,E-MORB:富集型洋脊玄武岩,WPT:板内拉斑玄武岩,WPA—板内碱性玄武岩,VAB—火山弧玄武岩, IAT:岛弧拉斑玄武岩

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 四川省巴塘县北雄松群变玄武岩(09X-6)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年结果

Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Pb isotopic analyses of meta-basalt(09X-6)in Xiongsong Group of northern Batang County, Sichuan Province

测点	同位素比值								同位素年龄								元素含量			
	$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$		Th	U	Pb	Th/U
	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ	$/10^{-6}$	$/10^{-6}$	$/10^{-6}$	
09X-6-01	0.0527	0.0013	0.2829	0.0065	0.0390	0.0003	0.0134	0.0002	315	39	253	5	246	2	269	3	180	267	12.8	0.67
09X-6-03	0.0510	0.0009	0.2554	0.0036	0.0364	0.0002	0.0144	0.0002	239	22	231	3	230	1	288	4	107	772	30.2	0.14
09X-6-05	0.0514	0.0014	0.2568	0.0062	0.0363	0.0003	0.0119	0.0002	258	42	232	5	230	2	240	3	308	519	22.6	0.59
09X-6-08	0.0519	0.0013	0.2552	0.0056	0.0357	0.0003	0.0132	0.0002	280	37	231	5	226	2	265	4	169	422	17.5	0.40
09X-6-13	0.0505	0.0012	0.2470	0.0057	0.0355	0.0002	0.0112	0.0001	218	57	224	5	225	1	225	2	163	565	23.7	0.29
09X-6-14	0.0517	0.0008	0.2945	0.0036	0.0413	0.0002	0.0146	0.0001	272	18	262	3	261	1	293	3	314	964	45.0	0.33
09X-6-15	0.0605	0.0012	0.6682	0.0124	0.0801	0.0005	0.0247	0.0002	623	43	520	8	496	3	493	3	85	557	48.9	0.15
09X-6-19	0.0514	0.0012	0.2741	0.0059	0.0387	0.0003	0.0141	0.0002	259	36	246	5	245	2	283	4	164	478	21.1	0.34
09X-6-21	0.0536	0.0007	0.2973	0.0026	0.0402	0.0002	0.0150	0.0001	356	10	264	2	254	1	301	2	705	1765	82.7	0.40
09X-6-22	0.0510	0.0011	0.2546	0.0047	0.0362	0.0002	0.0124	0.0001	242	30	230	4	229	1	249	3	284	542	23.4	0.52
09X-6-23	0.0513	0.0013	0.2522	0.0060	0.0357	0.0003	0.0117	0.0002	252	40	228	5	226	2	235	3	280	580	24.3	0.48
09X-6-24	0.0510	0.0010	0.2344	0.0039	0.0334	0.0002	0.0118	0.0001	239	27	214	3	211	1	237	2	220	474	18.6	0.46
09X-6-26	0.0756	0.0011	1.8720	0.0226	0.1796	0.0011	0.0558	0.0005	1084	14	1071	8	1065	6	1097	10	55	114	24.2	0.48
09X-6-28	0.0518	0.0012	0.3093	0.0067	0.0433	0.0003	0.0146	0.0002	276	37	274	5	273	2	293	4	151	426	21.0	0.36
09X-6-29	0.0689	0.0010	1.4119	0.0167	0.1486	0.0009	0.0513	0.0005	895	15	894	7	893	5	1011	10	119	346	59.2	0.34
09X-6-30	0.0511	0.0010	0.2559	0.0043	0.0363	0.0002	0.0121	0.0001	245	27	231	3	230	1	242	3	319	919	37.8	0.35

注:LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素含量和年龄测试在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成,使用 Andersen 等的软件进行了普通 Pb 校正

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　四川省巴塘县北雄松群变玄武岩主量元素、稀土元素和微量元素含量

Table 3　Major elements, trace elements and REE composition of meta-basalts in Xiongsong Group of northern Batang County, Sichuan Province

样号	09X-1	09X-2	09X-3	09X-4	09X-5	样号	09X-1	09X-2	09X-3	09X-4	09X-5
SiO_2	51.30	48.45	47.81	49.82	48.09	Yb	1.94	2.47	2.91	2.19	2.97
TiO_2	0.76	0.98	1.06	0.84	1.36	Lu	0.28	0.37	0.44	0.33	0.45
Al_2O_3	15.85	16.15	16.25	16.18	16.19	SREE	28.76	40.85	38.96	34.66	88.08
Fe_2O_3	1.66	3.27	2.80	2.44	3.06	$(La/Sm)_N$	1.08	1.35	0.73	1.17	2.36
FeO	6.39	6.82	6.34	6.14	6.34	$(La/Yb)_N$	1.04	1.40	0.72	1.21	3.62
MnO	0.17	0.17	0.15	0.13	0.17	dEu	0.87	0.87	0.95	0.91	0.97
MgO	8.50	8.80	9.30	8.34	8.44	Ba	48.4	83.1	128.0	149.0	320.0
CaO	9.56	9.33	11.47	10.09	9.33	Rb	7.16	2.82	14.50	11.00	32.60
Na_2O	3.52	3.41	2.13	3.18	2.71	Sr	168	148	166	152	234
K_2O	0.18	0.16	0.36	0.36	0.86	Li	15.6	17.2	18.6	18.0	16.7
P_2O_5	0.074	0.10	0.090	0.084	0.57	Be	0.40	0.50	0.37	0.42	0.67
LOI	1.87	1.99	2.19	2.15	2.63	Sc	29.6	33.7	35.2	33.1	37.4
Total	99.83	99.63	99.95	99.75	99.75	Co	62.4	57.8	51.5	55.2	52.7
La	2.80	4.81	2.92	3.69	15.0	V	200	242	264	222	263
Ce	6.64	10.1	7.53	8.25	29.3	Cr	376	312	446	506	296
Pr	0.98	1.44	1.25	1.24	3.77	Ni	123	113	136	144	118
Nd	4.90	7.16	7.05	6.11	15.7	Nb	3.25	6.20	2.88	4.70	23.80
Sm	1.68	2.30	2.57	2.03	4.10	Ta	0.24	0.38	0.19	0.29	1.33
Eu	0.58	0.78	0.95	0.72	1.42	Zr	45.2	54.9	57.5	45.4	108.0
Gd	2.48	3.23	3.66	2.86	4.82	Hf	1.33	1.54	1.61	1.32	2.64
Tb	0.44	0.56	0.64	0.49	0.81	Y	18.8	23.0	27.0	20.6	29.4
Dy	3.06	3.81	4.58	3.50	5.12	Cs	1.16	0.54	1.54	1.05	1.05
Ho	0.70	0.89	1.06	0.77	1.09	Th	0.44	0.57	0.23	0.49	2.35
Er	1.98	2.54	2.95	2.15	3.07	U	0.18	0.14	0.07	0.09	0.49
Tm	0.30	0.39	0.45	0.33	0.46	Pb	21.00	17.80	3.43	2.69	4.35

注:氧化物含量单位为%,稀土和微量元素为 10^{-6}

3.3　构造环境分析

铁矿化围岩变玄武岩在 Zr/Y-Zr 构造环境判别图(图 5-a)中样品投点主要落入洋中脊(MORB)和岛弧玄武岩区(VAB),反映出非板内玄武岩的特征。在 Zr-Y-Nb 构造环境判别图(图 5-b)中样品投点主要落入正常洋中脊玄武岩(N-MORB)和过度洋中脊玄武岩区(E-MORB)。在 Hf-Th-Ta 和 Hf-Th-Nb 构造环境判别图(图 5-c、d)中样品投点主要落入富集洋中脊区(E-MORB),反映出其具有富集洋中脊玄武岩的地球化学特征。

综上所述,铁矿化形成于中三叠世(228.3±2.1) Ma 的小洋盆环境,成矿类型为火山岩型,成矿围岩变基性火山岩属于具 E-MORB 特征的拉斑玄武岩系列,与前人所划金沙江洋脊/准洋脊型火山岩-构造组合[29]具有相似的岩石地球化学特征。

4　成矿前景和找矿方向

新发现的铁矿化点属于含锰富铁矿火山岩型矿化,成矿类型有利,且印支期二长花岗岩对其进一步改造富集,具有良好的找矿前景。目前,已发现众多铁铜伴生的矿床,如甘肃镜铁山[30]、川滇[31-32]和长江中下游[33-35]已成为中国重要的铜铁矿化集中区。经野外观察,矿化体出露区含有少量孔雀石和风化残留黄铁矿,预示其深部可能伴有铜-多金属隐伏矿体。由于第四系和森林覆盖严重,铁矿化体仅局部出露,其深部具有较大成矿潜力。

新发现的含锰磁铁矿化点与地面高精度磁测 ΔT 异常基本吻合(图 6),矿化产于 M19 号异常区。从矿致磁异常的特征看,表现为正、负异常相伴产出,且异常圈闭好、异常值高,铁矿化体外围与之类似的磁异常较多。因此,在金沙江中段甚至更大范围内,与中三叠世变基性火山岩系(原划雄松群)配套的高磁异常区,是今后寻找火山岩型含锰磁铁矿的重要地区,寻找与其伴生的铜-多金属矿也是今后值得足够重视的工作重点。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

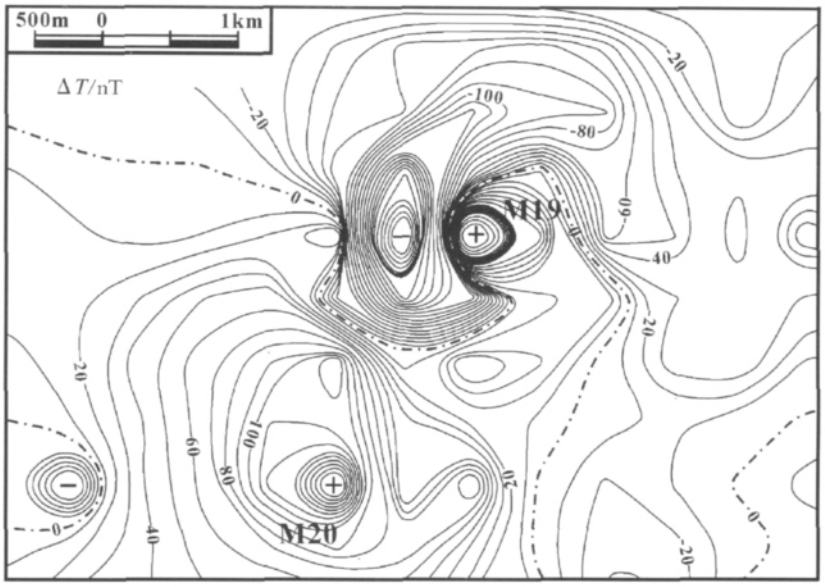


图 6 四川省巴塘县北地面高精度磁测 ΔT 异常平面等值线图

Fig. 6 Contour map of high-precision geomagnetic survey anomalies (ΔT) in northern Batang County, Sichuan Province

5 结 论

(1)金沙江中段四川省巴塘县发现重要含锰富铁矿化线索,可能伴生铜-多金属矿化,具有较大成矿潜力。

(2)赋矿围岩为原划的雄松群变基性火山岩,LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年表明,其岩浆喷发时代为(228.3±2.1)Ma,属于中三叠世;铁矿化类型为火山岩型,成矿时代也为中三叠世。

(3)含矿变基性火山岩属于具 E-MORB 特征的拉斑玄武岩系列,成矿构造环境为有限洋盆。

(4)金沙江中段甚至更大范围内,与中三叠世变基性火山岩系(原划雄松群)配套的高磁异常区,是今后寻找火山岩型含锰磁铁矿的重要地区。

致谢:在工作过程中得到杨六岗教授级高级工程师、赵仁夫研究员的指导,金属矿物镜下鉴定得到李向民研究员的指导,数据测试工作得到柳小明教授和弓虎军、侯虹、李平、武鹏、唐卓同志的帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

参考文献

[1]陈才金,何显刚,李淑慧,等. 三江(四川段)地区多金属矿床成矿系列与找矿前景[J]. 四川地质学报,2003,23(2):87-92.

[2]付小方,侯立玮,俞如龙,等. 四川西部三江中段成矿带地质构造演化、成矿特征与成矿系列[J]. 四川地质学报,2006,26(4):204-209.

[3]李永森,周伟勤,陈文明,等. 怒江—澜沧江—金沙江地区重要金属矿产特征及分布规律[M]. 北京:地质出版社,1986.

[4]叶庆同,胡云中,杨岳清,等. 三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用[M]. 北京:地质出版社,1992.

[5]刘增乾,李兴振,叶庆同,等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京:地质出版社,1993.

[6]莫宣学,路凤香,沈上越,等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京:地质出版社,1993.

[7]侯增谦,侯立纬,叶庆同,等. 三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床[M]. 北京:地震出版社,1995.

[8]莫宣学,沈上越,朱勤文,等. 三江中南段火山岩-蛇绿岩与成矿[M]. 北京:地质出版社,1998.

[9]李兴振,刘文均,王义昭,等. 西南三江地区特提斯演化与成矿(总论)[M]. 北京:地质出版社,1999.

[10]杜光伟,徐开锋. 藏东"三江"地区地球化学特征及其找矿意义[J]. 物探与化探,2001,25(6):425-431.

[11]骆耀南,俞如龙. 西南三江地区造山演化过程及成矿时空分布[J]. 地球学报,2002,23(5):417-422.

[12]王立全,侯增谦,莫宣学,等. 金沙江造山带碰撞后地壳伸展背景——火山成因块状硫化物矿床的重要成矿环境[J]. 地质学报,2002,76(4):541-556.

[13]李满根,张寿庭,赵鹏大. 三江南段有色金属和贵金属矿床成矿多样性[J]. 地质与勘探,2007,43(4):19-23.

[14]李建康,李文昌,王登红,等. 中甸弧燕山晚期成矿事件的 Re-Os

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

定年及成矿规律研究[J]. 岩石学报,2007,23(10):2415-2422.
[15]朱华平,范文玉,高大发,等. 西南三江成矿带中南段铅锌矿床成矿系列[J]. 沉积与特提斯地质,2008,28(4):62-68.
[16]王安建,曹殿华,管烨,等. 西南三江成矿带中南段金属矿床成矿规律与若干问题探讨[J]. 地质学报,2009,83(10):1365-1375.
[17]卢映祥,刘洪光,黄静宁,等. 东南亚中南半岛成矿带初步划分与区域成矿特征[J]. 地质通报,2009,28(2/3):314-325.
[18]王功文,杜杨松. 玉龙铜矿带成矿多元性信息综合分析与找矿靶区优选[J]. 现代地质,2000,14(6):157-164.
[19]郭衍游,唐菊兴,韩玲玲. 西南三江北段地区区域控矿因素的 GIS 综合分析[J]. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(3):219-223.
[20]陈建平,王功文,侯昌波,等. 基于 GIS 技术的西南三江北段矿产资源定量预测与评价[J]. 矿床地质,2005,24(1):15-24.
[21]徐善法,陈建平,叶继华. 证据权法在三江北段铜金矿床成矿预测中的应用研究[J]. 地质与勘探,2006,42(2):54-59.
[22]张启明,陈建平,齐先茂. 基于 GIS 的证据权法在三江北段铜多金属成矿预测中的应用[J]. 沉积与特提斯地质,2007,27(2):106-112.
[23]四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991.
[24]辜学达,刘啸虎. 四川省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
[25]郝太平,谭正义. 金沙江中段波罗—巴塘地区元古代地层的确定及主要地质特征[J]. 西藏地质,1991,(2):1-7.
[26]游再平. 西藏前寒武系沉积岩稀土地球化学特征及意义[J]. 西藏地质,1994,(1):66-74.
[27]郝子文. 青藏高原前寒武纪岩石地层划分对比——兼论"三江"构造带基底特征[J]. 四川地质学报,1997,17(2):84-91.
[28]夏代祥,刘世坤. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997:8-12.
[29]莫宣学,邓晋福,董方浏,等. 西南三江造山带火山岩-构造组合及其意义[J]. 高校地质学报,2001,7(2):121-138.
[30]杨合群,赵东宏,王永和,等. 北祁连西段镜铁山式铜矿预测要素及预测模型[J]. 现代地质,2009,23(2):269-276.
[31]何勇,陈慈德,常捷飞,等. 四川省铁铜矿资源开发利用经济分析[J]. 有色金属,2007,59(4):141-145.
[32]李光斗. 昆阳裂谷(云南段)铁铜多金属矿成矿预测研究[J]. 昆明理工大学学报(理工版),2009,34(5):5-9.
[33]常印佛,刘湘培,吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京:地质出版社,1991.
[34]翟裕生,姚书振,林新多. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M]. 北京:地质出版社,1992.
[35]赵文津. 长江中下游金属矿找矿前景与找矿方法[J]. 中国地质,2008,35(3):771-802.
① 四川省地质调查院. 1:25 万新龙县幅区域地质调查报告. 2003.
② 四川省地质局区调队. 1:20 万义敦幅区域地质调查报告. 1980.

《地质通报》第 30 卷第 11 期要目预告

巨大华夏龙 …… 赵喜进等
依据恐龙化石恢复印度板块的运行轨迹
——对《滇中侏罗纪红层》一书的追述 …… 方晓思等
陕西商洛地区下白垩统大型兽脚类恐龙足迹 …… 胡松梅等
西藏改则地区班公湖-怒江结合带内上三叠统的发现及其意义 …… 马德胜等
河南鲁山地区中元古代兵马沟组的发现及其地质意义 …… 张元国等
燕山中段走滑断裂中辉绿岩脉的 SHRIMP U-Pb 年龄和 Ar-Ar 年龄 …… 肖伟峰等
GEODYN-Ⅱ软件移植和 40 阶次月球重力场的解算 …… 杨宏伟等
地质环境问题的地质指标体系框架及其构建方法 …… 李瑞敏等
草地退化的地质指标体系 …… 王　轶等
海岸线变化的地质指标体系 …… 王祎萍等
湿地退化的地质指标体系 …… 余绍文等
沙漠化的地质指标体系 …… 申建梅等
石漠化的地质指标体系 …… 覃小群等
城市水土环境变化的地质指标体系 …… 姚治华等
河南栾川地区陈南沟钼矿区土壤地球化学异常特征与评价 …… 孙社良等
陕西凤县地区九子沟铜矿的特征、成因及意义 …… 代军治等
"区域异常集中度"的概念、计算方法及其与成矿的关系 …… 严己宽

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net