

青海治多多彩地区火山岩岩石特征

郑宗学, 覃泽礼, 吴远安

(青海省有色地质矿产勘查局地质矿产勘查院, 青海 西宁 810007)

摘要: 多彩地区处于西金乌兰-义敦晚三叠世岛弧带的东段, 成矿带位于三江成矿带的北西段, 区内已发现了尕龙格玛铜多金属矿床和拉迪欧玛铜矿点。重点分析了与该区成矿关系密切的火山岩的岩石特征, 初步恢复了该区火山岩的喷发环境和火山机构, 并探讨了火山活动与成矿的关系。研究表明, 本区火山岩主要为英安岩及英安质火山碎屑岩, 其次为安山岩、安山质火山碎屑岩。火山岩微量元素具有富集亲石元素 Rb、Sr、Th 及亲铁元素 Co、Ni, 亲 Cu 元素 Zr 与参照值相近, V、Ba 元素的含量高于地壳的丰度值, Sc、Cr 等元素亏损的特征。中-酸性火山岩稀土总量较高, 稀土配分曲线上普遍出现 Eu 负异常, 总体特征与造山带火山岩相似, 火山岩相为溢流相。本区海相火山喷发发生在浅海地带, 火山岩构造环境总体属于岛弧环境。成矿作用主要与古火山机构和后期动力变质作用有关。

关键词: 青海治多多彩地区; 火山岩; 岩石特征

中图分类号: P588.14

文献标识码: A

青海治多多彩地区位于我国重要的“三江”成矿带的北西段, 区内的尕龙格玛铜多金属矿床成因类型为喷气-沉积矿床类型之一的火山成因块状硫化物(VMS)矿床(王立全等, 2002)。自20世纪70年代发现以来, 限于当时的认识和研究程度, 投入的工作极其不足。2002~2010年, 青海省有色矿产勘查院开始对该矿床进行了新一轮的普查工作, 同时结合该区开展的1:5万矿调工作, 取得了较好的找矿成果和新的认识, 认为该区具有寻找大型乃至超大型喷气-沉积矿床的潜力(樊双虎等, 2011)。笔者重点分析了与该区成矿关系密切的火山岩特征, 并对该区的找矿前景进行了综合分析, 期望通过本次研究工作来指导该区的找矿工作, 同时带动“三江”成矿带的找矿实践。

1 地质背景

研究区大地构造位置上处于西金乌兰-义敦中

生代弧后盆地, 夹持于西金乌兰湖-歇武断裂和乌兰乌拉湖-玉树断裂之间(潘彤等, 2006)。义敦岛弧是“三江”构造-岩浆带中一个重要的构造单元, 也是一个十分重要的多金属成矿带(侯增谦等, 2003)。

义敦岛弧是甘孜-理塘洋盆向西俯冲消减作用的产物, 是在具堑-垒系构造特征的薄陆壳上发展起来的岛弧(刘增乾等, 1990), 主要为晚三叠世的火山-沉积岩系和印支晚期—燕山期花岗岩基所占据。义敦岛弧带发育较完整的岛弧-盆地系, 均以发育火山-侵入杂岩组合为特征, 外弧火山-侵入杂岩由第一亚旋回中性火山岩和与其相邻的中-酸性深成岩-次火山岩构成, 以安山岩和安山质火山碎屑岩为主体的外弧火山岩是晚三叠世卡尼期首次造弧活动的产物。

弧裂谷盆地的火山-侵入杂岩由“双峰”式火山岩和辉绿岩墙群构成, 是第二亚旋回火山活动的

收稿日期: 2011-08-29; 修回日期: 2011-11-10

基金项目: 研究项目受中央基金“青海省治多县多彩地区铜多金属矿普查”(编号 2009221002)

作者简介: 郑宗学(1976-)男, 河南永城人, 地质工程师, 2000年毕业于桂林工学院地质工程专业, 从事地质矿产勘查工作。Email: 369341365@qq.com

产物(晚三叠世卡尼中晚期)。内弧火山-侵入杂岩由第三亚旋回(晚三叠世诺利期)中-酸性火山岩和闪长岩-闪长玢岩及黑云母花岗岩-花岗斑岩构成,以英安岩-安山岩及其火山碎屑岩为主体的内弧火山岩。弧后扩张盆地中,为一套滨、浅海相碎屑岩-碳酸盐岩和高钾的“双峰”式火山岩组合(潘彤等,2006)。

成矿区带处于“三江”成矿带的北西段,所处的大地构造位置为板块挤压作用下的岛弧-盆体系。其成矿具有多成因、多矿种、多类型和多期次叠加的特征。

1.1 地层

研究区处于唐古拉地层区小唐古拉分区结扎—巴塘小区。区内出露的地层主要为中生界上三叠统巴塘群(T_3Bt)火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩和结扎群(T_3Jz)碎屑岩和碳酸盐岩,其次为新生界古近系沱沱河组(Et)砾岩、砂岩夹泥岩,新近系曲果组(Nq)砾岩、石灰岩和第四系冲洪积、残坡积和冰积物(孙崇仁等,1997)。

1.2 构造

区域上研究区位于唐古拉印支褶皱带北缘,北部以西金乌兰湖-歇武(或玉树)断裂带为界,南与巴颜喀拉印支褶皱带相接(赖绍聪等,1999)。区内褶皱、断裂构造发育(图1)。北部巴塘群褶皱以挤压较紧密的线性褶皱为特征,在大的复式背、向斜上,次级褶皱也十分发育。南部结扎群褶皱相对比较开阔。区内的断裂构造以与地层走向基本一致的北西—南东向断裂最为发育,这些断裂多数经历了长期的活动历史,它们曾是晚三叠世岩浆活动的通道,控制着火山岩系的原始分布,也造成了中-酸性岩浆沿断裂的侵入,形成狭长带状岩体。断裂构造的后期复活又控制着地层和岩浆岩的次生分布,并使部分地层、岩石发生了变质。其中,位于本区北部的西金乌兰湖-歇武断裂带和中部的乌兰乌拉湖-挡托断裂是本区最重要的2条区域大断裂,这2条区域断裂控制着本区晚三叠世以来沉积盆地的形成和演化的全过程。

在拉迪欧玛—色谷丛龙以南地区,断裂构造以浅层脆性断裂为主,火山岩变质轻微或基本未变质,这些因素对后期成矿元素富集和热液活动不利。在拉迪欧玛—色谷丛龙以北地区火山岩发生了绿片岩相变质,岩浆和热液活动频繁,对成矿有

利。

1.3 岩浆岩

区域岩浆岩分为侵入岩和火山岩,笔者重点介绍火山岩的岩石特征及其与矿床的关系,岩浆岩仅作简要介绍。

区内侵入岩主要分布在中、北部构造-岩浆隆起带巴塘群出露区,以格仁涌石英闪长岩-花岗闪长岩及其周围3个小型石英闪长岩体为主,其次为基性、中酸性和酸性脉岩。小型岩体主要为印支期石英闪长岩-花岗闪长岩,脉岩主要为辉绿岩、石英闪长玢岩、花岗斑岩和正长斑岩。其中,石英闪长岩和花岗闪长岩属于钙碱性。

根据侵入时代,石英闪长岩、花岗闪长岩和正长斑岩为印支期,其他属于喜山期。

本区自晚三叠世末期褶皱造山以来,共发生了期、3次岩浆活动事件,印支期石英闪长岩-花岗闪长岩岩浆侵入与侏罗纪造山作用有关;印支期正长斑岩系列则与断裂诱发陆壳花岗质层部分熔融有关;喜马拉雅期辉绿岩纯属于伸展断陷诱发下地壳玄武质层部分熔融的产物。3次岩浆侵入事件之间没有成因联系,属于3次相对独立的岩浆事件。

2 火山岩特征

由于笔者研究内容与区内火山岩关系密切,故根据多彩地区1:5万矿调所取得的成果,作如下重点介绍。

研究区内火山岩均产于乌兰乌拉湖断裂以北,主要呈层状、透镜状产在巴塘群及通天河蛇绿混杂岩中,岩石类型从基性到酸性均有出露。包括产于可可西里-金沙江晚古生代-早中生代缝合带(通天河蛇绿混杂岩带)多彩蛇绿岩带中的二叠纪火山岩和北羌塘-昌都陆块下根龙-巴塘滞后火山弧带中的上三叠统巴塘群火山岩(图1)。而目前所发现矿体均集中于上三叠统巴塘群火山岩中。

区域上三叠纪火山活动集中于通天河蛇绿混杂岩、巴塘群中,在结扎群甲丕拉组中零星分布(孙崇仁等,1997)。但研究区通天河蛇绿混杂岩、结扎群中均未见及或不发育。区内三叠系火山岩仅分布于上三叠统,即巴塘群中,分布于日啊日曲-色谷丛龙断层以南、多彩曲-勒仁拉哈断裂以北地带。

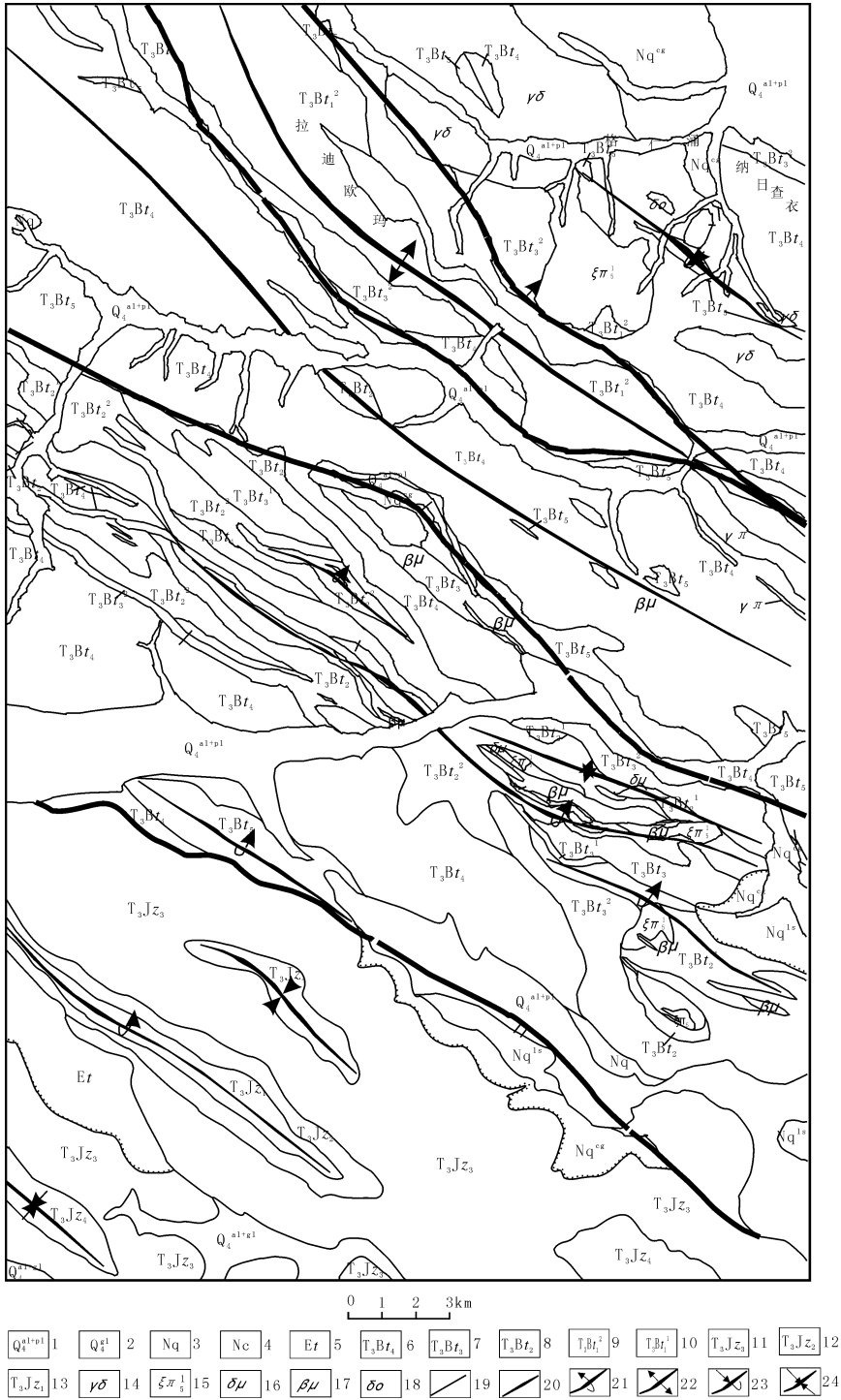


图 1 多彩地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Duocai region

1. 第四系冲洪漂卵石-砾石;2. 第四系冰积碎石;3. 新近系曲果组黄色泥质灰岩-角砾灰岩;4. 新近系棕红色砾岩;5. 古近纪沱沱河组棕红色砾岩夹粗砂岩;6. 巴塘群第四岩组浅灰-灰白色厚层-块状石灰岩;7. 巴塘群第三岩组灰色长石砂岩夹深灰色页岩;8. 巴塘群第二岩组深灰色中薄层含燧石结;9. 巴塘群第一岩组第二岩段灰绿色霏细岩-霏细质火山碎屑岩夹硅质岩;10. 巴塘群第一岩组第一岩段灰紫色安山岩-鞍山玢岩安山质火山碎屑岩夹硅质岩;11. 结杂群第三岩组浅灰白色厚层-块状灰岩;12. 结杂群第二岩组深灰色含燧石结核中-薄层灰岩;13. 结杂群第一岩组褐红色中厚层长石石英砂岩夹中薄层灰岩;14. 花岗闪长岩;15. 正长斑岩;16. 闪长玢岩;17. 辉绿岩-辉绿玢;18. 石英闪长岩;19. 正断层;20. 逆断层;21. 倒转背斜;22. 倾伏背斜;23. 倒转向斜;24. 线状向斜

2.1 岩石类型

出露的火山岩主要为英安岩及英安质火山碎屑岩，其次为安山岩、安山质火山碎屑岩，玄武岩仅在西部有少量分布。除凝灰岩、火山角砾岩发生了片理化外，熔岩均为块状构造。

2.2 岩石化学特征

研究区火山岩岩石地球化学分析结果见表 1。

区内晚三叠世火山岩以中-酸性火山岩为主，TAS 火山岩分类命名图解（图 2）中（Middemost A K, 1994），火山岩主要投入流纹岩、英安岩区，其次为安山岩区。岩石组合指数在 0.82~3.60，属钙碱性系列。在 SiO₂-AR 图解中，主要属于钙碱性岩系（图 3），在 A-F-M 图上主要投在钙碱性玄武岩系列（图 4）。

表 1 测区三叠纪火山岩岩石化学分析结果表 (×10⁻²)

Tab. 1 Major elements compositions of Triassic volcanic rocks in Duocai region (×10⁻²)

序号	岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	烧失
1	玄武岩	41.88	1.28	15.94	3.61	5.46	0.1	7.27	9.9	3.11	1.16	0.11		10.75
2	安山岩	50.44	2.21	14.87	3.22	5.96	0.04	7.97	2.12	4.15	1.11	0.52	4.14	6.14
3	英安岩	75.48	0.11	11.78	0.91	0.68	0.01	1.7	0.42	2.15	3.47	0.03	1.46	2.32
4	英安岩	68.42	0.16	10.66	0.72	0.74	0.07	1.06	5.76	3.13	2.22	0.05	1.32	6.18
5	英安岩	73.74	0.22	12.43	0.92	0.74	0.02	1.98	0.7	1.71	4.35	0.05	2.18	2.9
6	英安岩	69.3	0.2	11.14	1	1.29	0.03	2.88	2.86	1.78	2.94	0.04	2.3	5.84
7	英安岩	76.08	0.12	11.18	0.91	0.65	0.01	1.34	1.01	1.52	3.68	0.04	1.8	2.98
8	英安岩	75.28	0.17	12.03	0.78	0.76	0.01	1.28	0.53	1.89	5.01	0.04	1.8	1.84
9	英安岩	68.25	0.21	11.3	1.28	2.62	0.08	1.97	3.42	2.48	3.94	0.04		5.17
10	流纹岩	75.6	0.13	12.77	1.00	1.34	0.04	0.81	0.66	5.2	1.36	0.06		1.33
11	粗面岩	62.8	0.46	14.24	3.15	3.37	0.14	0.88	2.27	4.15	4.42	0.08		3.98

注：序号 2~8 为本次采集样品（测试单位：宜昌地质矿产研究所）；1、9~11 引自 1：20 万治多幅区域地质调查报告，1981。

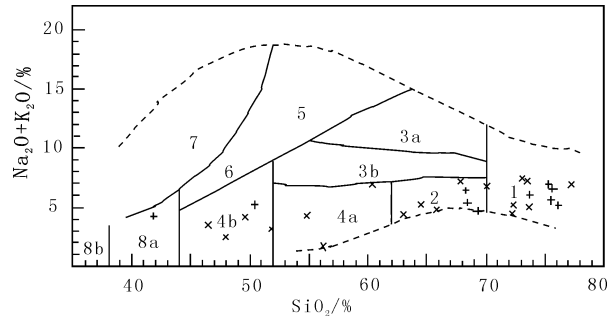


图 2 火山岩分类命名 TAS 图解

Fig. 2 TAS graphic solution of volcanic rocks classification and Nomination

1. 流纹岩类；2. 英安岩类；3a. 粗面岩类；3b. 安粗岩类；
4a. 安山岩类；4b. 玄武岩和碱性玄武岩类；5. 响岩类；
6. 碱玄岩类；7. 副长石岩类；8. 超镁铁质岩类（虚线为中国火山岩投影点的实际范围）

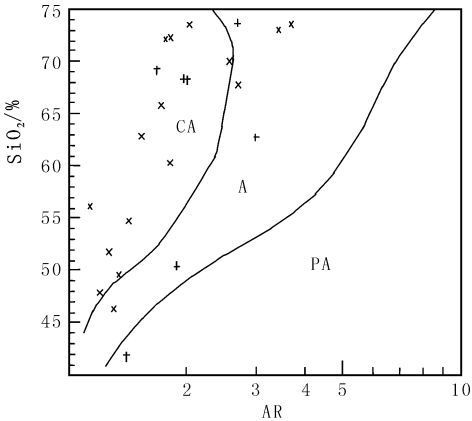


图 3 火山岩的碱度率图解（据 Wright, 1969）

Fig. 3 Alkalinity ratio graphic of volcanic rocks

CA. 钙碱性；A. 碱性；PA. 过碱性；×. 二叠纪火山岩；
+. 晚三叠世火山岩

2.3 地球化学特征

2.3.1 微量元素特征

研究区火山岩微量元素（李昌年，1992）化学分析结果列于表 2。其微量元素与地壳的丰度值（Tayloy S R，1964；黎彤，1976）相比，富集亲

石元素 Rb、Sr、Th 及亲铁元素 Co、Ni。亲 Cu 元素 Zr 与参照值相近，V、Ba 元素的含量高于地壳的丰度值，Sc、Cr 等元素亏损。

2.3.2 稀土元素特征

多彩地区火山岩稀土元素分析结果见表 3。二

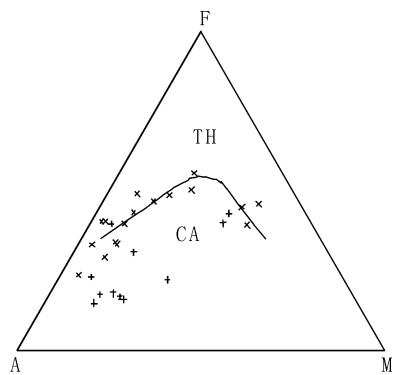


图 4 火山岩的 AFM 图解

Fig. 4 AFM graphic of volcanic rocks

CA. 钙碱性系列; TH. 拉斑系列;

×. 二叠纪火山岩; +. 晚三叠世火山岩

略高于大洋玄武岩，轻稀土轻微富集，稀土配分曲线近于平坦型，无 Eu 异常。反映了玄武质岩浆来自亏损地幔源区，与大洋玄武岩特征相似（图 5）。

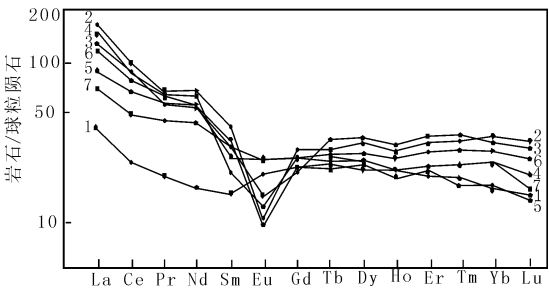


图 5 火山岩稀土配分型式图

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of volcanic rocks

1. 二叠纪玄武岩; 2~6. 晚三叠世英安岩、
流纹岩; 3、7. 晚三叠世安山岩

叠纪火山岩玄武岩稀土总量较低，低于大陆玄武岩，

表 2 测区三叠纪微量元素分析结果表 ($\times 10^{-6}$)

Tab. 2 Trace elements compositions of Triassic volcanic rocks in Duocai region ($\times 10^{-6}$)

序号	岩石类型	Cu	Cr	Ni	Co	Rb	Sr	Ba	V	Sc	Nb	Ta	Zr	Hf	U	Th
1	玄武岩	43	375	161	33		233	140	172				164			
2	玄武岩	27	170	47	25		356	775	123				175			
3	安山岩	7	40	10	10		225	375	60				200			
4	安山岩	12.7	71.5	43.4	36.3	25.4	36.9	193	204	25.9	9.6	0.9	196	5	4.1	26
5	英安岩	20	200	20	10		100	300	10				100			
6	英安岩	5.4	3.4	4.9	4.2	82	82	648	2.1	7.2	6.3	0.8	69	2.7	2.1	18
7	英安岩	11.7	4.6	1	3.2	49.4	482	256	1.64	8.22	8.3	0.7	176	6.2	1.9	24
8	英安岩	5.7	7.5	4.5	5.3	132	75.8	646	3.16	6.74	7.4	0.9	175	5.3	4	32
9	英安岩	31.9	92.4	18.3	20.5	60	65.5	970	264	33.2	9.4	1	200	5	1	13
10	英安岩	5.6	8.2	3.6	2.7	105	28.2	374	3.02	6.56	6.3	0.7	164	5.7	2.7	22
11	英安质凝灰岩	14	167	10	10		329	909	26				213			
12	流纹岩	20	200	100	20		100	100	120				100			
13	粗面岩	20	20	10	10		300	600	10				100			

注：序号 4、6~10 为本次测试（测试单位：宜昌地质矿产研究所），其余引自 1：20 万治多幅区域地质调查报告，1981。

表 3 测区火山岩稀土元素分析结果 ($\times 10^{-6}$)

Tab. 3 Rare-earth elements compositions of Triassic volcanic rocks in Duocai region ($\times 10^{-6}$)

序 号	时 代	岩石类型	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
1	二叠纪火山岩	玄武岩	9.48	15.1	1.90	8.32	2.40	1.21	4.50
2		安山岩	32.8	53.3	5.76	27.9	4.88	0.82	6.18
3		英安岩	43.2	65.9	6.69	32.5	5.97	0.58	5.76
4	三叠纪火山岩	安山岩	16.9	30.4	4.10	20.4	4.53	1.42	5.23
5		英安岩	38.0	55.0	5.98	24.0	4.98	0.56	4.54
6		英安岩	21.9	42.8	5.09	26.2	4.77	1.77	5.99
7		流纹岩	30.1	51.2	5.81	27.5	4.70	0.71	5.28
序 号	时 代	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1	二叠纪火山岩	0.81	5.34	1.13	3.11	0.47	2.64	0.37	24.9
2		1.23	8.27	1.68	5.46	0.85	5.18	0.74	44.6
3		1.08	7.70	1.56	5.18	0.81	5.41	0.81	36.5
4	三叠纪火山岩	0.91	5.88	1.13	3.17	0.50	3.14	0.40	24.8
5		0.82	5.58	1.14	3.66	0.58	3.74	0.49	23.2
6		0.97	6.24	1.10	3.36	0.42	2.73	0.36	28.4
7		0.97	6.73	1.44	4.70	0.71	4.59	0.62	36.0

注：样品来源：实测（测试单位：中国科学院宜昌地质矿产研究所）。

巴塘群火山岩中的中-酸性火山岩均属于轻稀土富集型,轻重稀土元素分馏程度较高,曲线向右侧陡倾(图 5),重稀土元素分馏程度很低,曲线比较平坦。从基性岩、中性岩到酸性岩,稀土配分型式略有差异。中-酸性火山岩稀土总量较高,稀土配分曲线上普遍出现 Eu 负异常,总体特征与造山带火山岩相似。

2.4 火山喷发旋回及韵律

本区火山岩属于一个大的火山喷发旋回。其中,包括多次火山喷发,形成比较清楚的火山喷发韵律。根据上三叠统巴塘群火山岩组剖面测制结果,可划分出爆发—溢流—沉积—溢流—爆发—沉积的火山喷发过程。区内火山岩相主要为溢流相,以英安岩、安山岩为主,其次为流纹岩,少量玄武岩等。爆发相主要分布于雅西谷、腰谷龙和多彩松塞弄等地,由中-酸性凝灰岩、凝灰熔岩等组成。

2.5 火山喷发环境分析

区内大面积分布的安山质火山岩和英安质火山岩形成于海相环境。火山岩为浅灰色,火山碎屑物含量高,代表了爆发系数较高,说明火山喷发期间海水并不深。火山碎屑岩主要由比较细的火山角砾和火山灰组成,经常夹有硅质岩、硅质凝灰岩,硅质岩中发育细密的纹层,局部夹凝灰质细砂岩-粉砂岩,发育水平层理。这些特征表明本区海相火山喷发发生在浅海地带。安山质火山岩和英安质火山岩岩石化学特征显示为钙碱性系列,与岛弧火山岩相似。

依据岩石化学和地球化学分析成果,用 FeO/MgO-TiO₂图解法(Glassily, 1974)对构造环境进行判定(图 6),玄武岩部分落入洋脊玄武岩区,部分在洋岛区。火山岩熔岩样品投在里特曼-戈蒂里图解中(图 7),全部样品投点落在造山带火山岩区,表明火山岩构造环境总体属于岛弧环境。

2.6 火山活动与成矿

海相火山喷发是形成多金属矿产或矿源层的主要地质作用之一(夏林圻等, 2009)。由于海底火山喷发发生在一个相对封闭的环境,在长期火山喷发期间底层海水逐渐富集多金属元素,另外在火山喷发间隙期的海底喷流作用也经常形成富含多金属元素的热液溶液。富含多金属元素的海水和热液经过与海水交代和冷却后沉积形成多金属矿产或矿源层。

区内出露的火山岩主要为英安岩、英安质火山

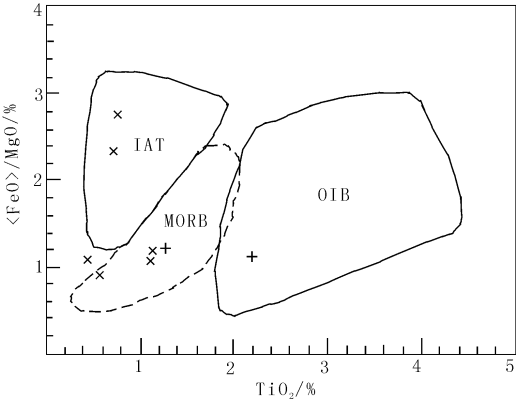


图 6 玄武岩的<FeO>/MgO-TiO₂图解
(据 Glassily, 1974)

Fig. 6 <FeO>/MgO-TiO₂ graphic of basalt
(After Glassily, 1974)

MORB. 洋中脊拉斑玄武岩; OIB. 洋岛拉斑玄武岩;
IAT. 岛弧拉斑玄武岩; ×. 二叠纪火山岩;
+. 晚三叠世火山岩

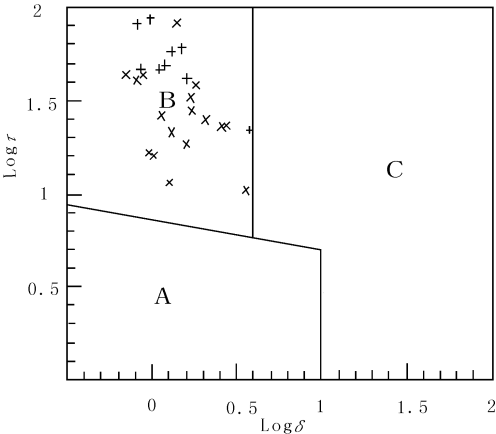


图 7 里特曼-戈蒂里图解
(据 A. Rittmann, 1973)

Fig. 7 Graphic of Rittmann-Gottlin
(After A. Rittmann, 1973)

A. 非造山带火山岩; B. 造山带火山岩; C. A、B 区派生的碱性、偏碱性火山岩; ×. 二叠纪火山岩; +. 晚三叠世火山岩

碎屑岩,其次为安山岩、安山质火山碎屑岩和枕状玄武岩。中-酸性熔岩和火山碎屑岩互层产出,属于岛弧钙碱性火山岩组合。根据现代成矿理论,岛弧钙碱性火山岩是形成多金属矿床的主要岩石类型之一。从理论上分析,本区火山岩成矿潜力较大,特别是在海底古火山口附近成矿明显较好,本测区尕龙格玛铜多金属矿床就是典型的例子。该矿床赋存英安质凝灰岩中,下部火山岩中含大量火山角砾

和集块,属于近火山口相堆积,表明成矿地带就在火山口附近,虽然有后期动力成矿叠加,但最初的矿源层与火山口地带喷流作用关系密切。而在远离火山口地段的火山角砾普遍比较细小,虽然也有程度不同的片理化和浅变质,但没有发现矿化现象。

地球化学测量在火山岩区圈出综合异常 13 处。其中,7 处异常属于小型斑岩体或岩脉引起的异常,其余 6 处异常属于火山岩自身的异常。这 6 个异常富集的元素主要有 Ag、Au、Ba、Cu、Hg、Mo、Pb、Sn、Zn 等,异常值较低,形态不规则,大部分异常元素套和不好,仅有色谷丛龙北异常(AS13)(尕龙格玛西矿区)较好。从剖面上采集的火山岩原生晕样品分析结果看,本区火山岩中 Ag、Au、Cu、Pb、Zn 等主要成矿元素总体含量并不高,接近甚至低于大陆上地壳丰度值(Taylor, et al., 1998)。

综合分析,本区巴塘群火山岩成矿主要集中在北部通天河蛇绿混杂岩区(多彩曲以北)片理化火山岩区。从已经发现的矿(化)点看,成矿作用主要与古火山机构和后期动力变质作用有关。

3 结论

本区火山岩主要为英安岩及英安质火山碎屑岩,其次为安山岩、安山质火山碎屑岩。火山岩微量元素具有富集亲石元素 Rb、Sr、Th 及亲 Fe 元素 Co、Ni,亲 Cu 元素 Zr 与参照值相近,V、Ba 元素的含量高于地壳的丰度值,Sc、Cr 等元素亏损的特征。中-酸性火山岩稀土总量较高,稀土配分曲线上普遍出现 Eu 负异常,总体特征与造山带火山岩相似,火山岩相为溢流相。本区海相火山喷发发生在浅海地带,火山岩构造环境总体属于岛弧环境。成矿作用主要与古火山机构和后期动力变质作用有关。

参考文献 (References):

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.

Wang Liquan, Hou Zengqian, Mo Xuanxue, et al. The post-collisional crustal extension setting: an important

mineralizing environment of volcanic massive sulfide deposits in Jinsha orogenic belt [J]. Acta Geological Sinica, 2002, 76 (4): 541-556.

樊双虎,郑宗学,陈玉华,等.青海省治多县多彩地区 I46E013021、I46E014021 1:5 万矿产地质、水系沉积物地球化学测量、地面磁测综合调查报告[R]. 2011.

Fan Shuanghu, Zheng Zongxue, Chen Yuhua, et al. Lecture of 1:50000 regional geological survey in I46E013021、I46E014021 in Duocai region of Zhiduo county, Qinghai Province [R]. 2011.

潘彤,罗才让,伊有昌,等.青海省金属矿产成矿规律及成矿预测[M].北京:地质出版社,2006.

Pan Tong, Luo Cairang, Yi Youchang, et al. Qinghai Province metal mineral metallogenic regularity and metallogenic prognosis [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2006.

侯增谦,杨岳清,王海平,等.三江义敦岛弧碰撞造山过程与成矿系统[M].北京:地质出版社,2003.

Hou Zengqian Yang Yueqing, Wang Haiping, et al. Collision-Orogenic Processes and Mineralization Systems of the Yidun ARC. [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2003.

刘增乾,徐宪,潘桂堂,等.青藏高原大地构造与形成演化[M].北京:地质出版社.1990.

Liu Zengqian, Xu Xian, Pan Guitang, et al. Formation and Evolution of Tectonic in Tibetan Plateau [M]. Geological Publishing Press, Beijing, 1990.

孙崇仁,喇纪德,李璋荣,等.青海省岩石地层[M].北京:中国地质大学出版社,1997.

Sun Chongren, La Jide, Li Zhangrong, et al. Lithostratigraphic in Qinghai [M]. China University of Geosciences Press, Beijing, 1997.

赖绍聪,刘池阳.羌塘地块北界拉竹龙-西金乌兰-玉树结合带印支期构造环境探讨[J].西北大学学报,1999,29(01):59-62.

Lai Shaocong, Liu Chiyang. Discussion on the Tectonic Setting during Indo-China Epoch of the Lazhulong-Xijimwulun-Yushu Suture Zone, on North Margin of Qiangtang [J]. Journal of Northwest University, 1999, 29 (01): 59-62.

李昌年.火山岩微量元素岩石学[M].武汉:中国地质大学出版社.1992.

Li Changnian. Petrology of trace elements in volcanic [M]. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1992.

黎彤.化学元素的地球丰度[J].地球化学,1976,(3):

167-174.

Li Tong. Chemical element abundances in the earth and its major shells [J]. *Geochemica*, 1976, (3): 167-174.

青海省第二区域地质调查队. 治多县幅 1:20 万区域地质调查报告 [R]. 1981.

The Second Regional Geological term of Qinghai. Lecture of 1:200000 regional geological survey [R]. 1981.

夏林圻, 马中平, 李向民, 等. 青藏高原古新世-始新世早期 (65~40Ma) 火山岩——同碰撞火山作用的产物 [J]. *西北地质*, 2009, 42 (3): 1-25.

Xia Linqi, Ma Zhongping, Li Xiangming, et al. Paleocene-earlyeocene (65-40 Ma) volcanic rocks in Tibetan Plateau: the products of Syn-collisional volcanism [J]. *Northwestern Geology*, 2009, 42 (3): 1-25.

杨合群, 宋忠宝, 王兴安, 等. 北祁连山中西段塞浦路斯型铜矿特征、成矿作用及找矿标志. [J]. *西北地质*. 2002, 35 (4): 65-85.

Yang Hequn, Song Zhongbao, Wang Xingan, et al. The characteristics, mineralization and prospecting indications of Cyprus-type copper deposits in mid-west section

of the North Qilian mountains, China [J]. *Northwestern Geology*, 2002, 35 (4): 65-85.

Taylor S R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1964, 28: 1273-1285.

Wright. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis [J]. *Geol. Mag*, 1969, 106 (4): 370-384.

Glassily. Geochemistry and tectonics of the Grescent volcanic rocks, Olympic Peninsula, Washington [J]. *Geol Soc Am Bull*, 1974, 85: 785-794.

Rittmann. Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks [M]. Oxford London: Blackwell Scientific Publication, 1973.

Taylor and McLennan. An Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks [M]. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1998.

Middemost A K. Igneous rock classification system and nomenclature [J]. *Earth-Science Reviews*, 1994, 37 (1): 215-224.

Characteristics of Volcanic Rocks and Analysis on the Prospecting Potentiality in Duocai Region, Zhiduo County, Qinghai Province

ZHENG Zong-xue, QIN Ze-li, WU Yuan-an

(*Qinghai Institute of Geology for Mineral Resources, Xining 810007, China*)

Abstract: Duocai region lies in the east of Late Triassic Xijiwulan-Yidun island arc zone, belonging to the northwest of Sanjiang Metallogenic Belt. Galonggema copper-polymetallic deposit and Ladiouma copper mineralized spot have been discovered for many years in this belt. This paper focused on the characteristics of volcanic rocks which close to the mineralization in the area, restored volcanic apparatus and volcanic eruption environment, and discussed the relationship between volcanic activity and mineralization. Studies have shown that the volcanic rocks in this area are mainly dacite and dacitic pyroclastic rocks, followed by andesite, andesitic pyroclastic rocks. Trace elements of volcanic rocks enriched in lithophile elements Rb, Sr, Th and siderophile elements Co, Ni. Chalcophile elements and Zr is similar to the reference value, V and Ba contents are higher than the element abundance of the crust, and Sc, Cr are depleted. Σ REE of intermediate-acidic volcanic rocks are higher, and general characteristics are similar with volcanic rocks of orogenic belt with negative Eu anomalies on the REE patterns. Volcanic phase of the overflow phase. Volcanic eruption was happen in shallow marine zone with structure environment of volcanic belongs to island-arc environment. Mineralization mainly related to ancient volcanic apparatus and the late dynamic metamorphism.

Key words: Duocai region of Zhiduo county of Qinghai Province; volcanic rocks; geologic characteristics