

地质与矿产

西祁连清水沟地区火山岩岩石学特征及旋回研究

李国涛,孙丽莎,翟孝志,孙晓亮,吴洪彬

(山东省第八地质矿产勘查院,山东日照 276826)

摘要:西祁连当金山清水沟一带的寒武纪火山岩发育在寒武纪拉配泉岩群火山岩组。对该火山岩分布特征和岩石学特征进行了研究,划分了3类火山岩岩相:爆发相、沉积相、喷溢相,并对火山岩喷发旋回进行了研究,揭示了当金山地区地层演化特征,对火山岩区域对比及火山机构恢复具有一定的指导意义。

关键词:火山岩;岩石学特征;旋回;西祁连清水沟地区

中图分类号:P581

文献标识码:A

引文格式:李国涛,孙丽莎,翟孝志,等.西祁连清水沟地区火山岩岩石学特征及旋回研究[J].山东国土资源,2016,32(10):25-30.LI Guotao, SUN Lisha, ZHAI Xiaozhi, etc. Study on Petrological Characteristics and Cycle of Volcano Rocks in Qingshuigou Area of Western Qilian Mountain[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(10):25-30.

当金山地区寒武纪火山岩分布在甘肃省当金山主峰北东向半果巴沟至清水沟一带,主要发育寒武纪拉配泉岩群火山岩组^[1]。由于区域断裂构造较发育,在清水沟一带的火山岩发育不全,顶底均被断层错断。该文通过对该区域出露的寒武纪火山岩地层分布、岩性组合特征及岩相特征的介绍,划分了火山岩喷发韵律,归并了喷发旋回,对于了解该区域火山活动及构造活动历史具有一定的指导意义^[2]。

1 区域地质概况

该区大地构造位置特殊,处于各大地块和构造带交会地带,主要位于阿尔金北缘地块(阿北地块),北有塔里木板块,南有柴达木地块,西侧红柳沟-拉配泉混杂岩带沿阿尔金山前延伸进该区,东部及东南方有祁连造山带,包括北祁连弧盆系、中祁连地块和南祁连岩浆弧以及欧龙布鲁克微陆块各构造单元在该区汇聚,造成该区多地体、多结合带交会的复杂构造单元特征(图1)。其中阿尔金断裂从区内穿过,对该区域构造单元划分及区域构造演化亦起着至关重要的作用。

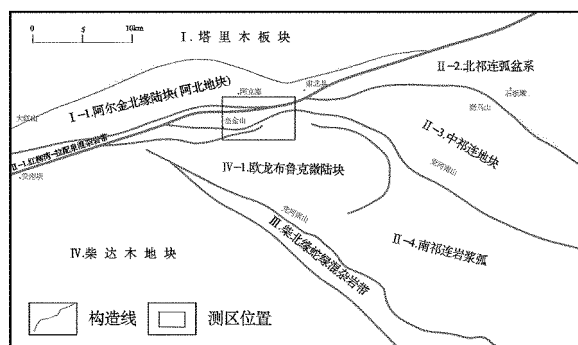


图1 西祁连清水沟地区构造略图

1.1 地层

区域地层出露较少,主要以元古界^[3]、下古生界和新近系、第四系为主,缺失上古生界和中生界。区内以元古界前长城系最为发育,构成阿尔金山脉的大部。前人工作对地层进行了研究,建立了较完整的地层系统。

1.2 构造

区内断裂构造、褶皱构造极为发育。断层形成于华力西-印支、燕山、喜马拉雅期,主要走向为SW-NE向,以阿尔金断裂带、当金山-后塘断裂带为代表。在区域上形成以造山带中韧性剪切作用为

收稿日期:2016-03-25;修订日期:2016-05-11;编辑:陶卫卫

基金项目:中国地质调查局“祁连山西段当金山地区1:5万J46E004017、J46E004018、J46E005017、J46E005018四幅区域地质调查”(编号:12120114013301)项目资助

作者简介:李国涛(1984—),男,山东招远人,工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:107408772@qq.com

主导的构造作用,表现有固态流变相褶皱形态。

1.3 侵入岩

区内侵入岩分布较为集中,侵入活动属于加里东期和燕山晚期,岩石类型以酸性侵入为主^[4],少量基性侵入岩大多呈岩墙状发育。侵入岩多与阿尔金断裂带密切相关^[5]。

2 寒武纪火山岩岩石学特征

寒武纪火山岩产于拉配泉岩群之中^[6],主要出露于当金山地区半果巴沟至清水沟一带,当金山主脊北侧,NE 向展布。火山岩岩性主要有深灰色蚀变玄武岩、深灰色杏仁状变玄武岩、深灰色杏仁状变安山岩、深灰色蚀变安山岩、紫灰色变安山质晶屑岩屑凝灰岩、深灰色变安山质凝灰岩、灰绿色变玄武安山岩、灰绿色变安山质角砾凝灰岩、灰绿色变细火山灰凝灰岩、变安山质火山集块岩等。

2.1 岩石类型及岩性特征

深灰色杏仁状变玄武岩:岩石颜色为浅灰绿色,隐晶结构,块状构造,岩石内可见变杏仁状构造,岩体可见绿帘石化、绿泥石化现象,岩层内沿裂隙面见方解石脉,岩石片理化较强。

灰绿色安山质火山角砾熔岩:角砾熔岩结构,块状构造,主要成分为角砾和晶屑、火山灰,角砾多为紫色,呈半塑性固结的透镜体状,隐晶质,角砾大小为 2~13 cm,含量 55% 左右。晶屑见拉伸现象,成分为辉石、长石,多绿泥石化。

灰绿色变安山质晶屑角砾凝灰岩:灰绿色,变余角砾凝灰结构,块状构造,岩石组成主要为火山灰胶结物、火山碎屑、晶屑。角砾多为紫灰色,成分为安山质,角砾大小 0.5~1 cm,含量不均匀,为 20%~30%。火山碎屑主要为晶屑,晶屑主要为长石,短柱状,半自形晶,晶屑含量约 20%,火山灰胶结物含量约 50%,砾石可见一定磨圆度,推测为水环境下形成的沉火山碎屑岩。

变玄武安山质角砾晶屑凝灰岩为灰绿色,变余角砾凝灰结构,块状构造。主要成分为晶屑,角砾,火山灰胶结物,晶屑主要为长石,晶屑含量 25%,角砾成分为安山质,大小 0.5~5 cm,含量 20% 左右,火山灰胶结物含量 50%~55%,沿岩层裂隙多充填碳酸盐脉。

变安山质岩屑凝灰岩为灰黑色,变余凝灰结构,

块状构造,成分以安山质岩屑与火山灰胶结物为主,其中岩屑颗粒细小,含量约 40%,火山灰含量约 60%。

变安山质火山集块岩为灰绿色,集块结构,块状构造,主要成分为安山质角砾,紫色,粒度 6~15 cm 居多,次棱角状,含量 60%。其他成分为晶屑、玻屑,呈灰绿色,晶屑多绿泥石化。

2.2 岩石化学特征

寒武纪地层采集了火山岩岩石样品,分析及计算结果见表 1、表 2,微量元素、稀土元素测试结果见表 3、表 4,CIPW 标准矿物含量计算见表 5。根据测试结果,对区域内寒武纪火山岩地球化学特征及演化规律进行了探讨。

表 1 寒武纪玄武岩化学成分分析结果

野外编号	928YQ2	928YQ3	928YQ4
SiO ₂	49.35	43.55	51.67
TiO ₂	1.50	2.29	0.73
Al ₂ O ₃	14.07	11.43	15.75
Fe ₂ O ₃	13.75	16.49	6.36
FeO	10.74	12.02	4.44
MnO	0.19	0.21	0.09
MgO	6.10	4.78	4.35
CaO	10.26	8.31	6.97
Na ₂ O	2.21	1.45	5.82
K ₂ O	0.61	1.37	0.69
P ₂ O ₅	0.14	0.26	0.19

表 2 寒武纪玄武岩参数

野外编号	928YQ2	928YQ3	928YQ4
里特曼指数(σ)	2.68	14.52	4.36
碱度(AR)	1.26	1.33	1.8
分异指数(DI)	20.63	20.06	53.08
固结指数(SI)	18.56	13.54	20.24
长英指数(FL)	21.61	25.33	48.27
铁镁比(M/F)	80.07	85.63	71.3
戈蒂里指数(τ)	7.89	4.37	13.66

成分特征:样品在火山岩 TAS 分类图解(图 2)分布于 B 区、S2 区、PC 区、R 区,其岩性分别对应为玄武岩、玄武质粗面安山岩、苦橄玄武岩和流纹岩^[7-8]。

碱度类型:3 个样品 SiO₂ 的含量均小于 70%^[7],从而根据表 2 所列,里特曼指数 σ 值为 2.68~14.52,显示碱度类型为钙碱性、碱性和过碱性。在火山岩硅-碱分类图中(图 2),2 个样品的分布与里特曼指数基本一致,分布于钙碱性区域、碱性,而

1 个样品的分布范围与特里曼指数有一点区别,靠近于过碱性和碱性重合部位。根据图 3 的 Ir 曲线来看,样品的碱度与莱特碱度率(AR)一致,即 2 个

样品分布于碱性区域,1 个样品分布于亚碱性区域。总体来看,3 个样品的碱度率为:928YQ2 为钙碱性、928YQ3 为碱性、928YQ4 为碱性。

表 3 寒武纪火山岩微量元素含量

样品号	样品名	微量元素含量 10^{-6}											
		Sr	Rb	Ba	Th	Ta	Nb	Ce	Zr	Hf	Sm	Y	Yb
928YQ2	玄武岩	134.49	24.65	121.36	2.90	0.45	5.73	29.26	94.79	2.85	4.04	24.46	2.77
928YQ3	玄武岩	106.84	88.03	198.12	2.73	0.73	9.31	39.05	125.81	2.74	5.45	41.65	4.61
928YQ4	玄武岩	270.80	17.87	190.56	4.64	0.55	8.47	32.98	93.14	3.72	2.21	10.50	1.02

表 4 寒武纪火山岩 CIPW 标准矿物含量

样品号	CIPW 标准矿物(%)											
	石英(Q)	钙长石(An)	钠长石(Ab)	正长石(Or)	霞石(Ne)	刚玉(C)	透辉石(Di)	紫苏辉石(Hy)	橄榄石(Ol)	钛铁矿(Il)	磁铁矿(Mt)	磷灰石(Ap)
928YQ2	0	24.59	17.29	3.34	0	0	17.99	21.11	1.89	2.63	10.87	0.3
928YQ3	0	20.38	12.06	8	0	0	15.8	22.56	3.85	4.28	12.49	0.58
928YQ4	0	15.3	46.56	4.21	2.31	0	15.58	0	7.34	1.43	6.84	0.45

表 5 寒武纪火山岩稀土元素含量

样品号	稀土元素含量(10^{-6})														Σ REE	LREE/HREE	La/Yb	δ Eu	
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					Y
928YQ2	9.71	29.26	3.24	13.91	4.04	1.43	4.65	0.85	4.94	0.94	3.10	0.49	2.77	0.43	24.46	79.76	3.39	2.51	1.01
928YQ3	13.53	39.05	4.55	20.01	5.45	1.76	6.71	1.36	8.74	1.76	5.03	0.76	4.61	0.75	41.65	114.07	2.84	2.11	0.89
928YQ4	13.98	32.98	3.30	12.48	2.21	0.92	2.93	0.41	2.28	0.45	1.39	0.20	1.02	0.17	10.50	74.72	7.44	9.83	1.11

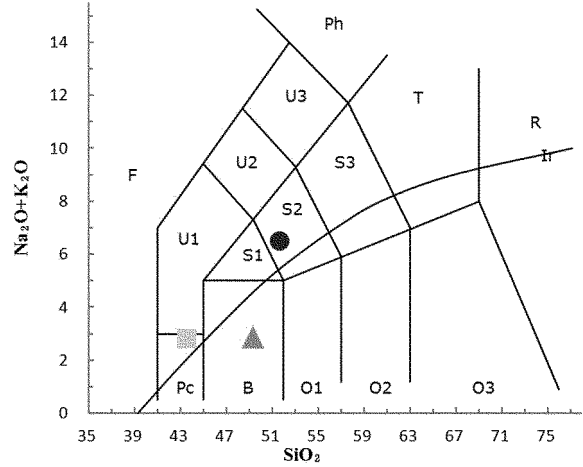
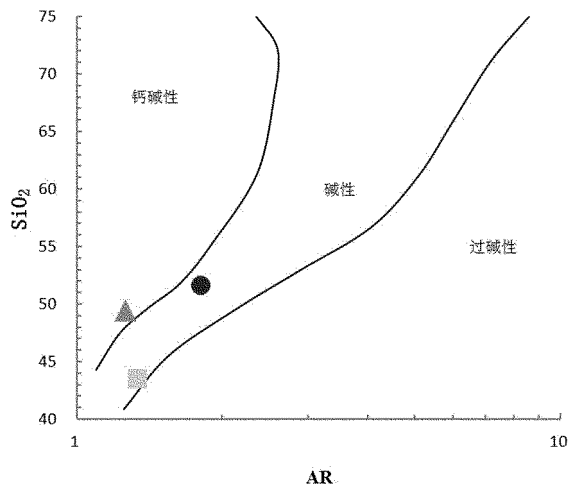


图 2 寒武纪火山岩莱特碱度率(AR)分布图解

化学成分演化规律:区内火山岩总体随着 SiO_2 含量的增加,DI,AR 增加,而 SI 减少。随 SiO_2 含量的增加,岩石的分异指数明显增加,这一变化特点符合从基性—酸性分异程度渐高的变化规律。这种规律从火山岩的固结指数 SI 的变化趋势中也能得到证实,两者呈反相关,即 DI 高则 SI 低。区内 SI 值 = 13.54 ~ 20.24,均小于 40,说明为幔源原生岩浆经分异或同化作用形成的。

Pc—苦橄玄武岩;B—玄武岩;O1—玄武安山岩;O2—安山岩;O3—英安岩;R—流纹岩;S1—粗面玄武岩;S2—玄武质粗面安山岩;S3—粗面安山岩;T—粗面岩、粗面英安岩;F—副长石岩;U1—碱玄岩、碧玄岩;U2—响岩质碱玄岩;U3—碱玄质响岩;Ph—响岩;Ir—Irvine 分界线,上方为碱性,下方为亚碱性

图 3 寒武纪拉配泉岩群火山岩 TAS 及硅-碱分类图解

53.5%^[7],通过标准图解(图 4)可见 Nb, Ta 亏损,可以初步判断其为岛弧岩浆形成。构造环境为岛弧构造。根据玄武岩构造环境判别图解(Th/Yb - Ta/Yb)(图 5),可见 3 号样品落于岛弧玄武岩区间;2,

4 号样品落于岛弧钙碱系列,所处的构造环境为活动大陆边缘(陆缘弧),该结论基本与微量元素图解一致。

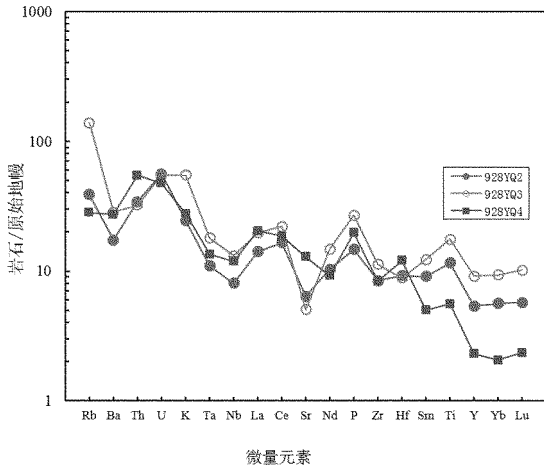
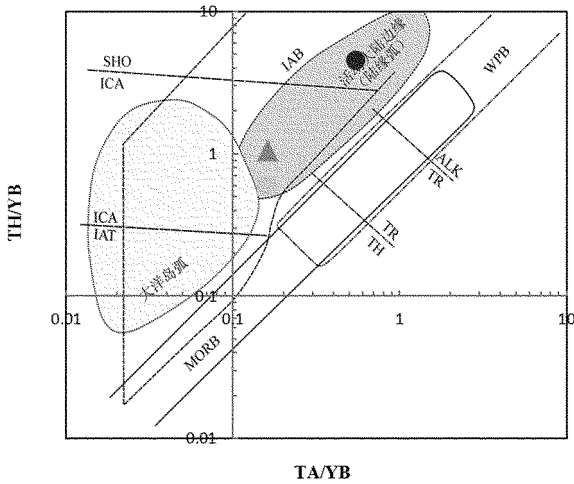


图 4 火山岩微量元素原始地幔标准化蛛网图



IAB-岛弧玄武岩;IAT-岛弧拉斑系列;ICA-岛弧钙碱系列;SHO-岛弧橄榄玄粗岩系列;WPB-板内玄武岩;MORB-洋中脊玄武岩;TH-拉斑玄武岩;TR-过渡玄武岩;ALK-碱性玄武岩

图 5 玄武岩构造环境判别图解(Th/Yb-Ta/Yb)

(据 Pearce, 1982)

稀土元素特征:稀土元素总量变动不大(表 5), ΣREE (不含 Y 值) = $74.72 \sim 114.07 \times 10^{-6}$, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ (不含 Y 值) = $2.84 \sim 7.44$, $(\text{La}/\text{Yb})\text{N} = 2.11 \sim 9.83$,表明轻稀土相对富集,与图 6 一致。 $\delta\text{Eu} = 0.89 \sim 1.11$ 。根据 δEu 值可以判断 2 号和 4 号样品具有 Eu 正异常,而 3 号样品具有 Eu 负异常,这点与图 6 一致。在一般条件下,俯冲洋壳在一定深度发生脱水作用形成俯冲带流体,这种流体进入地幔楔使地幔岩石发生部分熔融形成岛弧岩浆,流体中

的 Nb, Ta 进入角闪石,使流体亏损 Nb, Ta^[7]。综上所述,判断该火山岩为岛弧岩浆形成。

构造地质背景:在里特曼-戈蒂里图解中(图 7),2 号样品落于 B 区,代表了造山带地区火山岩;3,4 号样品落于 C 区,代表了造山带火山岩派生的碱性、偏碱性火山岩,因此区内火山岩的形成原因不同,一类形成于加里东时期活动陆缘造山带环境中碰撞造山过程中,另一类形成于活动陆缘挤压碰撞构造环境。具明显的岛弧特点。

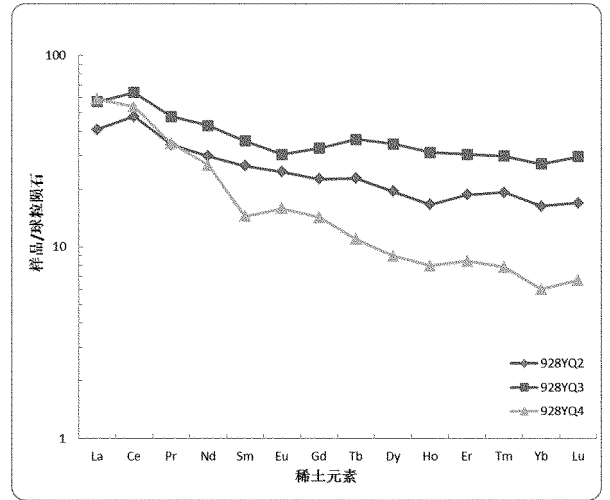


图 6 火山岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

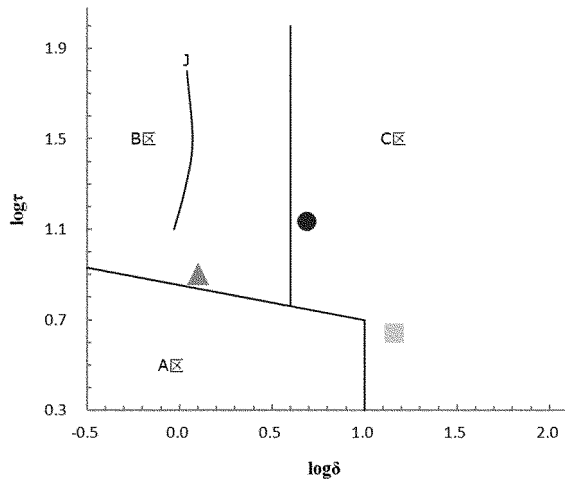


图 7 火山岩里特曼-戈蒂里图解

3 寒武纪火山岩岩相、喷发旋回划分

3.1 寒武纪火山岩岩相

根据火山岩组合特征、产出形态及形成条件等因素,将区域火山岩分为爆发相、喷溢相、喷溢-沉积相(表 6)^[9]。

(1) 沉积相: 主要产于火山喷发间歇期内, 是火山作用叠加沉积作用的产物, 区内的岩性主要为大理岩、粉砂质板岩、凝灰砂岩、长石岩屑砂岩等。

(2) 爆发相: 火山强烈爆发时形成的集块至凝灰级碎屑岩, 以不同形式堆积, 形成各种粒级的火山碎屑岩, 是区内较为常见的火山岩相。主要为空落堆积, 岩性以各种凝灰岩较为常见, 另可见有火山集块岩, 为崩落堆积。

表 6 主要火山岩岩相、岩石类型及产出形态

时代	喷发期	岩相	主要岩石类型	产出形态	
寒武纪	晚寒武世	拉配泉期	沉积相	大理岩、粉砂质板岩、泥质板岩、粉晶灰岩、凝灰砂岩、长石岩屑砂岩	层状、滨海—浅海沉积
			爆发相	安山质晶屑角砾凝灰岩、安山质岩屑凝灰岩、火山集块岩、安山质角砾凝灰岩、细火山灰凝灰岩	层状, 裂隙式火山口附近侧落堆积
			喷溢相	安山岩、玄武安山岩、杏仁状玄武岩	气孔状、块状、岩被状产出

(3) 喷溢相: 喷溢的熔岩流, 分布较为广泛, 主要有安山岩、玄武安山岩、杏仁状玄武岩等, 在区内主要呈 NEE 向展布。

3.2 寒武纪火山岩喷发旋回

区内火山岩年代主要为晚寒武世, 呈层状产出, 但其发育程度有所不同, 通过对火山岩喷发韵律进行研究, 区内总体上以爆发相→喷溢相→喷溢相→沉积相为主要韵律组合^[10], 代表着火山活动由强变弱, 不同的韵律中相带并不完全, 有的仅有 2 个相带。根据剖面上各韵律中的岩性组合判断, 应该属于同一个旋回, 但具有多次喷发的现象。规模较大的喷发有 1, 2, 4, 8, 10 次, 较为强烈的喷发形成的爆发相中多含角砾状凝灰岩和火山集块岩。根据现有认识, 将该寒武纪火山岩划分为 5 个亚旋回 (图 8)。

第 1 次喷发亚旋回: 以中性安山质岩浆为主, 喷发较为缓和、宁静, 主要以喷溢相为主。划分为 2 个较完整的喷发韵律, 2 次喷发韵律间隔时间较短。

第 2 次喷发亚旋回: 该旋回包括 2 个喷发韵律, 均以中性安山质岩浆为主, 喷发作用由强到弱, 喷发韵律较完整, 2 次喷发作用时间间隔较短。

第 3 次喷发亚旋回: 该旋回包括 4 个喷发韵律,

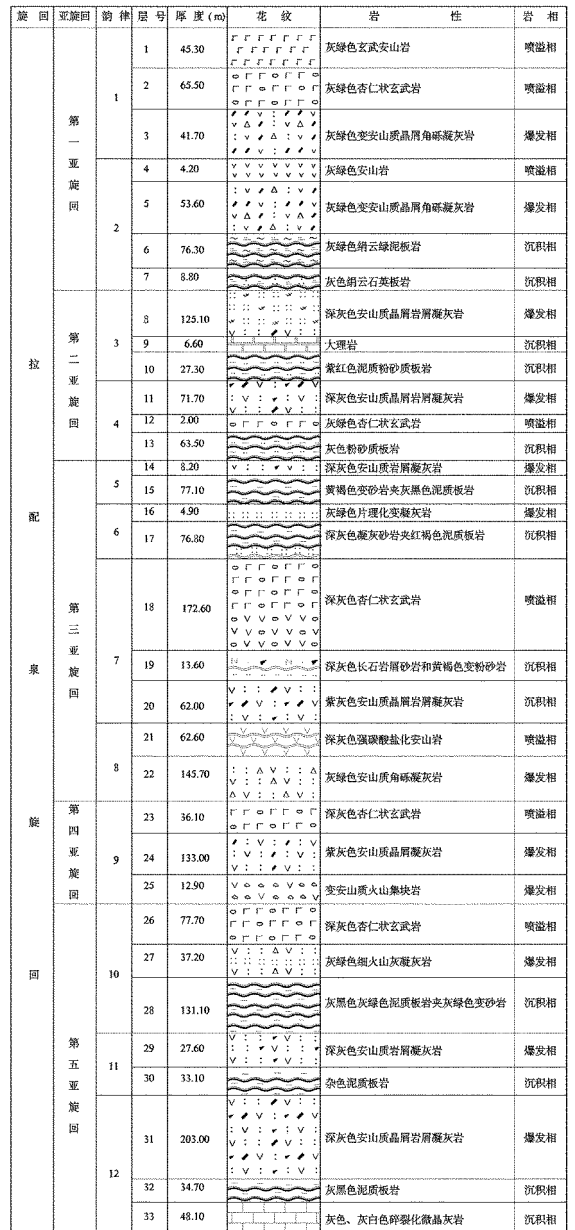


图 8 晚寒武世拉配泉旋回火山岩柱状图

以中性岩浆为主, 在第 7 次喷发韵律中以基性岩浆为主, 喷发作用由强到弱再到强。

第 4 次喷发亚旋回: 以基性岩浆为主, 喷发作用较强, 中间存在短暂的喷发间隔。

第 5 次喷发亚旋回: 以基性岩浆为主, 喷发作用前期较强烈后期趋于平静。

总体来看, 拉配泉岩群火山岩的分布应该为裂隙式火山喷发的表现, 其火山岩相特征分布较为明显, 区内自北向南分布为喷发相组、沉积相组、火山颈相组。叠加岩石学分析特征判断, 该火山岩为加

里东时期活动陆缘造山带环境中碰撞造山和活动陆缘挤压碰撞过程中形成的裂隙式喷发的海相火山岩。

4 结语

(1) 根据岩石化学特征判断, 区内火山岩形成于岛弧岩浆, 其形成的环境不同, 主要为加里东期活动陆源造山带环境中的碰撞造山过程和活动陆缘挤压碰撞过程。

(2) 晚寒武世火山岩划分了 1 个旋回, 5 个亚旋回和 12 个韵律层。主要表现了火山岩形成时的多期次性。

(3) 根据火山岩相特征判断该火山岩由海相裂隙式喷发火山形成。

参考文献:

[1] 杨雨, 范国琳, 姚国金. 甘肃省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大

学出版社, 1997: 104 - 127.

- [2] 徐伟详, 徐君强, 张恺, 等. 北祁连阿柔地区奥陶纪火山岩岩石学特征及其喷发旋回[J]. 山东国土资源, 2015, 31(11): 1 - 8.
- [3] 何世平, 李荣社, 王超, 等. 祁连山西段甘肃肃北地区北大河岩群片麻状斜长角闪岩的形成时代[J]. 地质通报, 2010: 1275 - 1280.
- [4] 刘晓涛, 董国强, 严镜, 等. 甘肃肃北三个洼塘岩体岩石地球化学特征及构造环境分析[J]. 新疆地质, 2014, 32(1): 118 - 124.
- [5] 任文秀, 董国强, 赵淇馨, 等. 甘肃省阿克塞县当金山花岗岩地球化学特征及构造意义[J]. 甘肃地质, 2013, 22(4): 22 - 27.
- [6] 梁明宏, 曾俊杰, 贾志磊, 等. 甘肃火山岩岩石构造组合[J]. 甘肃地质. 2015, 24(3): 1 - 10.
- [7] 赵振华. 关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题[J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(1): 92 - 103.
- [8] 邓晋福, 刘翠, 冯艳芳, 等. 关于火成岩常用图解的正确使用: 讨论与建议[J]. 地质论评, 2015, 61(4): 717 - 734.
- [9] 邱家骧. 火山岩相及其主要特征[J]. 地质科技情报, 1984, (2): 49 - 56.
- [10] 傅树超, 卢清地. 陆相火山岩区填图方法研究新进展[J]. 地质通报, 2010, 29(11): 1640 - 1648.

Study on Petrological Characteristics and Cycle of Volcano Rocks in Qingshuigou Area of Western Qilian Mountain

LI Guotao, SUN Lisha, ZHAI Xiaozhi, SUN Xiaoliang, WU Hongbin

(No.8 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276826, China)

Abstract: Cambrian volcano rocks in Dangjinshan - Qingshuigou area in western Qilian mountain developed in volcano rock group in Cambrian Lapeiquan group. Distribution characteristics of the volcano rock and petrological characteristics have been studied and divided into 3 types of volcano rock facies, such as eruption facies, sedimentary facies and effusive facies. Volcano eruption cycles have been studied as well. The formation evolution characteristics in Dangjinshan area has been revealed. It has a certain guiding significance for the comparison of volcanic rock areas and the recovery of volcanic mechanism.

Key words: Volcano rocks; petrological characteristics; cycle; Qingshuigou area in western Qilian mountain