

新疆哈密马庄山金矿区次火山岩 及其地球化学特征

周济元^{1①} 曾长华² 崔炳芳¹ 肖惠良¹ 陈世忠¹

(1 南京地质矿产研究所, 南京 210016)

(2 武警黄金部队 15 支队, 乌鲁木齐 830057)

摘要 马庄山金矿区位于星星峡—卡瓦布拉克地块、古生代岛弧东段北侧活动大陆边缘, 有多种火山岩、次火山岩和侵入岩, 而与金矿成矿关系最为密切的是海西中、晚期次火山岩。该矿区次火山岩有花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、隐爆角砾岩(简称花岗质岩)和辉绿岩。因此, 在区域地质背景和矿区地质特征分析基础上, 着重对次火山岩及其地球化学特征进行系统研究, 结果认为, 该矿区花岗质岩为高硅富钾贫铝钙碱性同熔(I)型花岗岩类, 岩浆源区来自中下地壳; 辉绿岩则为富钠碱性正常型基性岩类, 岩浆源区来自下地壳。前者含 Co、Pb、Zn、Sn、As、Bi、W、Mo、Au、Ag、Te 等元素较高, 有重要找矿前景; 后者含 Ba、Pb、Zn、Tl、As、Bi、Au、Ag、Te 等元素较高, 也可为成矿提供物源。这些认识, 对该区次火山岩特征、性质、成矿关系和构造背景, 以及进一步找矿都有重要理论和实践指导意义。

关键词 金矿区 次火山岩 活动大陆边缘 海西中、晚期 同熔花岗岩类 马庄山 哈密 新疆

马庄山金矿床位于哈密东南约 200km。1982 年由甘肃省地质局第二区调队 1:5 万化探扫面、异常查证中发现, 后经普查、详查, 于 1986 年查明该矿床金储量接近中型。1989 年起, 经武警黄金部队 15 支队勘查, 金储量达大型规模。在此期间, 一些学者对该金矿作过一些研究, 发表过一些论著, 但尚属初步, 对矿区与成矿密切有关的次火山岩及其地球化学的系统论述较少。为了加深对该矿床特征、成因及成矿规律的认识, 作者对该矿区次火山岩及其地球化学进行了系统研究, 取得了一些成果和认识。现撰文讨论如下:

1 区域地质背景

马庄山金矿床位于卡瓦布拉克—星星峡地块北部、古生代岛弧东段北侧活动大陆边缘, 双井子—马庄山—南金山火山凹陷的破火山隆起中段^[1]。

① 本文为国家三 0 五项目资助, 编号 96—915—05—05 收稿日期: 1998—03—26

第一作者简介: 周济元, 男, 1936 年生, 教授, 从事构造地质学、地质力学、矿田构造及构造动力成矿学及岩石学研究, 论著颇丰, 主要有: 东天山古大陆边缘火山地质. 成都科技大学出版社, 1994; 东天山古大陆及其边缘银、铜、金和铜矿地质. 地质出版社, 1996; On the Mineralization Controlled by Tectonodynamic Force. Resource Geol. Japan, Tokyo. 1995, 45(5): 331—339

火山盆地的基底为中元古宙蓟县系卡瓦布拉克群和长城系星星峡群中深变质岩相一角闪岩、石英绢云片岩、绿泥片岩、碳酸盐岩、花岗混合岩和黑云母斜长片麻岩等组成。同位素年龄为 1400—1900Ma(胡霭琴, 1986)^[3]。

该地块从寒武纪开始裂开,至晚泥盆世闭合;后于早石炭世第二次张裂,伴随大规模基性、中酸性、酸性火山岩、火山碎屑岩、碎屑岩和碳酸盐岩沉积,海西中、晚期次火山岩(石英斑岩、花岗斑岩、辉绿岩和花岗闪长斑岩脉)及闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩和花岗岩侵入。北东、北北东、北西、近南北和东西向断裂发生,金矿便沿断裂、分布在次火山岩和中酸性、酸性熔岩、凝灰岩及凝灰质砂岩中。

2 矿区地质特征

2.1 地层

该区下石炭统白山组分布最广,是金矿的赋矿地层。根据岩性特征,可分上、中、下三个岩组,分别在南金山、马庄山和双井子一带分布。

(1)下岩组:由下而上,主要有中薄层石英砂岩、绢云板岩、阳起石化安山岩、安山质角砾凝灰岩、杏仁状玄武岩夹凝灰岩、火山角砾岩、大理岩和结晶灰岩。在双井子北被花岗岩类侵吞,南与中岩组相接。该岩组火山喷发呈宁静→喷溢→爆发→喷溢→宁静的喷发韵律。以裂隙式喷溢为主,伴有少量喷发。熔岩受水化、钠化及含水暗色矿物强烈蚀变。

(2)中岩组:主要有安山岩、英安质角砾晶屑凝灰岩、英安质熔岩、流纹质凝灰岩及凝灰熔岩、流纹岩和绢云板岩。该岩组由下而上,在海相灰岩沉积后,火山喷发呈中基性火山熔岩喷溢、喷发,凝灰质砂岩及硅质板岩沉积,中—酸性火山凝灰岩喷发,流纹质熔岩喷溢的喷发韵律。中岩组为马庄山金矿床的赋矿地层(图 1)。

(3)上岩组:主要为灰岩、生物碎屑灰岩、安山岩、英安质火山碎屑岩。为南金山金矿床的赋矿地层,

综上所述,白山组岩相、火山活动有如下特征:①火山喷发由基性→中性→酸性演化;②喷发活动有韵律性或旋回性,喷发强度与岩流涌出量成正相关;③在凝灰岩间夹正常碎屑岩和碳酸盐岩,并有较多生物化石,表明为海相火山岩沉积特征。

2.2 岩浆岩

矿区岩浆岩有火山岩、次火山岩和中深成岩。火山岩主要有玄武岩、安山岩、英安岩和流纹岩;次火山岩有石英斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩和辉绿岩;中深成岩有花岗正长岩和花岗岩等。矿区规模最大次火山岩为石英斑岩体,当其侵入流纹质熔岩而使之烘烤成角岩化;花岗斑岩、花岗闪长斑岩和辉绿岩呈脉状,规模较小;花岗正长岩和花岗岩分布在矿区外围东南和东北部;隐爆角砾岩则在马庄山峰以南。与成矿关系密切的为次火山岩^①。亦为本文所论之重点。

2.3 构造

矿区断裂构造发育,主要有北东、北西、北北东、东西和南北向断裂^①。

(1)北东向断裂 为矿区最为发育的断裂,其中以 F312、F313 规模最大,分别位于火山角砾岩上下两层面处,为压(反)剪性顺层断裂,长 2km 以上,挤压片理化带宽达 20—150m。

① 次火山岩与成矿的关系将另文论述,本文暂不涉及。

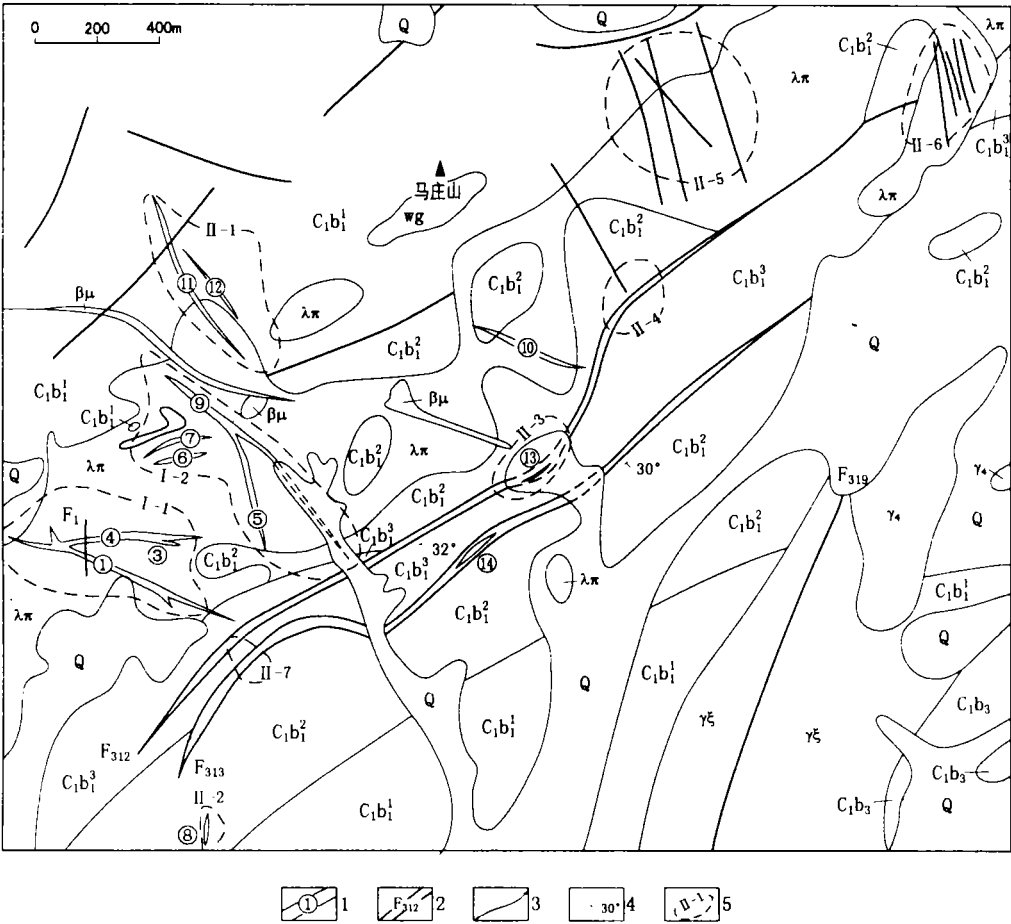


图1 马庄山金矿区地质略图

Fig. 1 The geological sketch map of goldfield in Mazhuang Shan

Q—第四系; C_1b_1 —下石炭统白山组安山质凝灰岩; C_1b_2 —白山组流纹质凝灰岩; C_1b_3 —白山组含角砾凝灰岩; C_1b_3 —白山组灰岩; γ_4 —华力西期花岗岩; γ_5 —正长花岗岩; $\lambda\pi$ —石英斑岩; $\delta\mu$ —闪长玢岩; $\beta\mu$ —辉绿岩脉; wg —隐爆角砾岩;1—金矿脉及编号;2—断裂及编号;3—地质界线;4—地质体产状;5—金异常甲(乙)级范围及编号

在两断裂南西端,火山角砾岩中有宽 100—300m 退色蚀变带,以绢云母化、硅化为主,局部形成硅化带、石英细脉和石英脉,后者最宽达 3m 以上。

(2)北西向断裂 主要分布在 F312 断裂西北部,走向 300—330°,倾向 30—60°,倾角 40—65°,长 600—1200m,宽 0.80—16.50m。控制 1、9、10、11、12、13 号矿体,为北东向断裂配套的张(反)剪性断裂^[2]。

(3)东西向断裂 近东西走向,大多向北倾斜,个别南倾,倾角 65°—85°,长达 200—1000m,宽 0.50—2.20m。据断面粗糙、曲折及位移特征所示,为剪张性断裂^[2];控制 3、4、6、7 号矿体,其中以 4 号矿体最大。

(4)近南北向断裂 走向近南北,大多倾东,个别倾西,倾角较陡甚至直立,长 50—550m,宽 0.80—5.50m。据其断面平直和位移迹象可见,其为剪性断裂。控制 8 号矿体;F1 断裂因其形成略早而被较晚形成的 1、4 号矿体所穿切。

(5)北北东向断裂 位矿区外围东南部(F319)和西北部,走向 20° — 30° ,倾南东,倾角 50° — 65° ,长 500 — 1200m ,宽 5 — 100m 。东南部F319断裂,具反时针扭错特征,显示其为压(反)剪性^[2]。控制并切割花岗正长岩和石英斑岩体分布。其形成时代较被控制的海西中晚期花岗正长岩体早,又较被切割的海西中晚期花岗正长岩体晚,具有多次活动特点。

3 次火山岩及其地球化学特征

3.1 次火山岩

由上已及,除矿区外围东南部有花岗岩株,与其西花岗正长岩体呈过渡关系,为海西中晚期侵入,在花岗正长岩中有一铀矿点,但无明显金矿化外,在矿区内部主要为次火山岩。主要有:

(1)石英斑岩体(λπ) 呈北东向分布,西南宽 800m 左右,东北窄 300m 左右,斜跨矿区中部。

石英斑岩呈浅灰白色,斑状结构,块状构造。镜下所见,斑晶主要为石英,一般为 15 — 28×10^{-2} ,石英晶粒往往呈溶蚀港湾状,棱角状,粒径 0.5 — 3mm ,一般为 0.5 — 1.5mm 。其次为长石,正长石斑晶大小为 0.5 — 1.8mm ,已绢云母化、泥化,仅留有板状晶形;斜长石斑晶,呈板条状,大多在双晶结合部发生绢云母化,粒径 0.5 — 1.5mm 。基质由长英质微晶组成,并有硅化、绢云母化、黄铁矿化,含少量暗色矿物。锆石U—Pb法年龄为 $309 \pm 12\text{Ma}$ (甘肃一区队,1990)。

石英斑岩体由东南向西北石英斑晶减少(3% — 17%),粒径变小(0.25 — 0.60mm);长石斑晶仅 3% — 5% ,粒径 0.5 — 1.1mm ,并有绢云母化。基质占 84% — 96% ,有硅化、绢云母化、黄铁矿化,呈灰绿—灰白色。顶部尚有流纹质凝灰岩残留顶盖。钻探表明:石英斑岩体自西北向东南、由浅变深。由此看来,石英斑岩体为浅成—超浅成、顺流纹质凝灰岩层由东南向西北侵入的次火山岩。其西北部的细粒石英斑岩为快速冷凝和顶板熔蚀,崩落形成的火山颈相和喷溢相的同源过渡相——花斑-流纹斑岩。

(2)花岗闪长斑岩 位于ZK19—3孔机台西北壁上。花岗闪长斑岩脉侵入于凝灰岩中。花岗闪长斑岩呈紫红色,细晶、斑状结构,块状构造。斑晶主要为斜长石,呈宽板或柱状,粒径较小, 0.1 — 0.2cm ;基质为长英质微晶,颗粒很细,有硅化、绢云母化、碳酸盐化。

花岗闪长斑岩与凝灰岩接触带,由于其侵入膨胀引起的挤压面及与其钝角相交的两组剪裂隙所显示岩脉由下向上侵入;后期,由于岩脉冷凝引起的收缩张裂面与早期挤压面叠加,同时与其锐角相交的两组剪裂隙显示岩脉收缩形成的裂隙系;在接触面附近还有黄褐、紫红色铁染现象。

(3)花岗斑岩脉 位于马庄山南山脚下。呈灰白色,斑晶为长石、石英,粒径 0.2 — 0.4cm ,其中以前者为主,呈黄白色,后者为次,呈烟灰色,两者约占 5% — 7% 。基质为长英质微晶。有硅化、绢云母化,还有黄铁矿化、黄铜矿化,前者呈星点状分布,约 2% — 5% 。在花岗斑岩裂隙中有热液锰矿脉充填。

花岗斑岩脉长 500m 以上,宽 50m 。被辉绿岩脉穿插。在两者接触带,花岗斑岩有退色边和红化现象,宽 2 — 5m 不等。

(4)隐爆角砾岩筒 位于马庄山顶南侧。呈北东向展布,长约 400m ,宽 100m ,呈透镜状。

隐爆角砾岩由棱角状、长条状砾石组成,砾石大小不等,直径 5 — 30cm ,最大者 50cm 以

上,砾石成分有凝灰岩、花岗斑岩和石英斑岩等,胶结物为硅质、石英脉。其中有不少黄铁矿颗粒散布。Au 背景值较高: 300×10^{-9} 左右。

(5)辉绿岩脉 位于马庄山南山脚下。呈灰绿色,脉状,有二条,相互平等延伸,宽 4.5—6m。侵入在凝灰岩中。接触面产状: $20^{\circ}/45^{\circ}$ 。接触带(凝灰岩)有绢云母化、硅化、黄铁矿化蚀变退色带,接触面向外,由强变弱,上盘宽 2—10m,下盘宽 5—12m,似上盘热扩散较下盘快而蚀变带窄。蚀变带有 Au(0.22×10^{-6})、Ag(8.7×10^{-6})矿化。

3.2 次火山岩地球化学特征

3.2.1 次火山岩岩石化学

该矿区次火山岩岩石化学分析结果及岩石化学参数列于表 1。其特征如下:

表 1 岩石化学成果、参数和 CIPW 标准矿物表

Table 1 The petrochemistry contents, parameter and standard contents of rocks													
样 号	岩石名称	化 学 成 分 ($\times10^{-2}$)											
		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	LOI total
97Mz10—1	花岗斑岩	77.41	0.08	12.7	0.81	0.58	0.04	0.29	0.56	0.3	5.13	0.04	1.79 99.73
黎彤(1962)	花岗岩	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	0.79	4.03	0.16	0.89 100.00
97Mz10—3	隐爆角砾岩	78	0.09	12.68	0.88	0.16	0.09	0.28	0.22	0.1	4.87	0.03	2 99.4
97Mz5—1	花岗闪长斑岩	63.26	0.26	13.43	2.44	0.05	0.22	0.51	6.86	0.13	4.46	0.02	7.88 99.52
黎彤(1962)	花岗闪长岩	64.98	0.52	16.33	1.89	2.49	0.09	1.94	3.70	3.67	2.95	0.32	1.12 100.00
97Mz6—7	石英斑岩	76.6	0.27	12.17	1.21	0.4	0.01	0.25	0.34	0.12	5.84	0.02	2.23 99.46
黎彤(1962)	石英斑岩	72.88	0.32	14.15	0.84	1.43	0.06	0.69	1.66	3.77	2.61	0.10	1.49 100.00
97Mz8—1	辉绿岩	48.04	1.35	16.72	4.19	6.42	0.2	5.49	7.58	2.81	1.89	0.42	4.2 99.31
黎彤(1962)	玄武岩	48.28	2.21	14.99	4.18	6.95	0.20	7.00	8.07	3.40	2.51	0.60	0.61 100.00

岩 石 化 学 指 数								
样 号	K ₂ O+Na ₂ O	K ₂ O/Na ₂ O	σ	τ	A.R.	D.I.	SI	ANKC
97Mz10—1	5.43	17.1	1.04	51.15	1.58	62.84	6.81	0.72
97Mz10—3	4.97	48.7	1.06	44.63	2.82	88.51	3.2	1.69
97Mz5—1	4.59	34.31	0.86	155	2.42	89.46	4.08	1.79
97Mz6—7	5.96	48.67	0.91	140.8	2.25	87.62	4.45	2.05
97Mz8—1	4.7	0.67	4.55	10.8	1.49	87.61	28.28	0.99

CIPW 标准矿物																
样 号	Q	C	OR	AB	AN	DI	DI			Hy		OL		MT	IL	AP
							Wo	En	Fs	En	Fs	Fo	Fa			
97mz10—1	55	6	31	3	3	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
97mz10—3	59	7	30	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
97mz5—1	34	0	29	1	25	10	5	2	4	0	0	0	0	1	1	0
97mz6—7	53	5	36	1	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0
97mz8—1	0	0	12	25	29	7	3	2	2	7	6	5	4	2	3	1

(1)SiO₂ 含量 该矿区花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩和隐爆角砾岩(简称花岗岩,下同)的 SiO₂ 含量较黎彤(1962)中国花岗闪长岩低、石英斑岩和花岗岩高,而辉绿岩(97MZ8-1)SiO₂ 含量与黎彤中国玄武岩(48.28×10⁻²)接近,属正常类型。

(2)碱含量 该矿区花岗质岩的全碱(Na₂O+K₂O)含量较黎彤中国花岗闪长岩、石英斑岩和花岗岩低,而 K₂O 高于 Na₂O,显示富钾;在 SiO₂-K₂O 关系图上多落入高钾区。辉绿岩全碱含量较黎彤中国玄武岩、花岗质岩均低,且 Na₂O 高于 K₂O,显示相对富钠。

(3)CaO、MgO 和 FeO+Fe₂O₃ 含量 该矿区花岗质岩:CaO 含量除花岗闪长斑岩高于黎彤中国花岗闪长岩外,其余均较黎彤中国石英斑岩、花岗岩低,表明除花岗闪长斑岩较富钙(碳酸盐化)外,其余相对贫钙;MgO 含量均低于黎彤中国花岗闪长岩、石英斑岩和花岗岩;FeO+Fe₂O₃ 含量均较黎彤中国花岗闪长岩、石英斑岩和花岗岩低;Fe₂O₃/FeO 均较黎彤中国花岗闪长岩(0.723)、石英斑岩(0.587)和花岗岩(0.765)高,显示在超浅成环境下定位特点。辉绿岩 CaO、MgO、FeO+Fe₂O₃ 较黎彤中国玄武岩 CaO、MgO、Fe₂O₃+FeO 低,Fe₂O₃/FeO(0.601)高,但差异较小,接近正常类型,亦为超浅成定位特点。

(4)岩石分异常数(D.I) 该矿区花岗质岩 D.I 较高,并随 SiO₂ 含量增加而升高;辉绿岩 D.I 较低,与花岗质岩相比,亦随 SiO₂ 含量减少而降低。

(5)岩石铝质指数(ANKC) 花岗质岩 ANKC 为 Chappell, B. W. 等(1974)^[9]的富钾贫铝型花岗岩类,显示 I(同熔)型花岗岩特征。辉绿岩 ANKC 亦具类似特点。

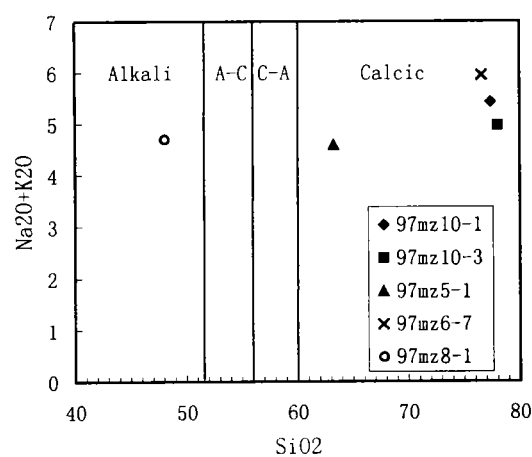


图2 SiO₂-Na₂O+K₂O 关系图解
(据 Peacock, 1984)

Fig. 2 The SiO₂-Na₂O+K₂O diagram

x-97MZ5-1;◇-97MZ6-7;●-97MZ10-1;▷-97MZ10-3;△-97MZ8-1;Alkali-碱性;A-C-碱-钙性;EA-钙碱性;Calcic-钙性

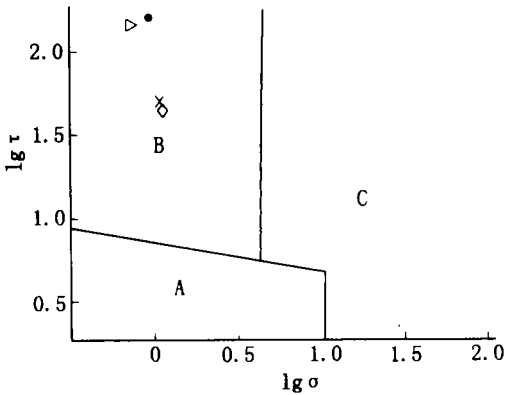


图3 lgτ-lgσ 图(A. Rittmann, 1970)
Fig. 3 The lgτ-lgσ diagram

(6)岩石系列及形成环境 该矿区花岗质岩里特曼指数(σ)为钙碱性系列;辉绿岩里特曼指数(σ)为碱性系列。赖特碱度率(A.R),花岗质岩有一定变化,辉绿岩则在花岗质岩变化范围内。根据 SiO₂-Na₂O+K₂O 关系图(图2)投点,花岗质岩在钙性系列,唯花岗闪长斑岩

偏向钙碱性系列一侧,辉绿岩则在碱性系列。在里特曼—戈蒂里图解(图3),花岗质岩均投入B区,为活动大陆边缘(或造山带),而辉绿岩在Loffer (H. K. 1979) $Lgt-Lg(\delta_{25} \times 100)$ 图解投入C区,即A、B区演化的碱性次火山岩区(图4),因其富钠质,与板内区有关。可见,该矿区次火山岩在活动大陆边缘构造环境中形成。

3.2.2 次火山岩微量元素特征

该矿区次火山岩微量元素含量列于表2。由表可见:

(1)花岗质岩的Co、Cr、Pb、Zn、Sn、As、Bi、W、Mo、Au、Ag、Te等元素含量较高,为世界花岗岩(A. Д. 维诺格拉多夫,1962)的1.475—610倍,显示次火山岩与金银矿床形成的密切关系。其中,Au为其1.689—57.778倍,依次为花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、隐爆角砾岩降低;Ag为其2.52—28倍,依次为花岗闪长斑岩、隐爆角砾岩、石英斑岩和花岗斑岩降低;As为其7.333—32.667倍,Sb为其1.846—4.692倍,Bi为其12—610倍;Hg为其0.05—0.15倍,甚低。而Te/Se为150—5750,表明花岗岩有利于富Au,并接近火山活动中心(周济元,1989)^[6]。辉绿岩的Ba、Pb、Sr、Zn、Ti、Sn、As、Bi、W、Rb、Au、Ag、Te等元素含量较高,为世界基性岩(A. Д. 维诺格拉多夫1962)的1.111—785.714倍。与地球及其层壳元素丰度(南京大学地质系,1984)^[5]相比,总体与地壳

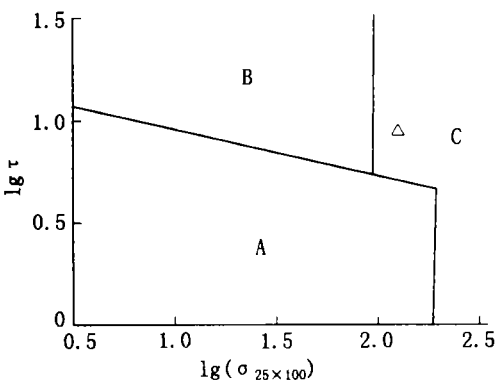


图4 $lg\tau-lg(\delta_{25} \times 100)$ 图
(H. K. Loffler, 1979)

Fig. 4 The $lg\tau-lg(\delta_{25} \times 100)$ diagram
A—板内稳定区火山岩;B—消减带火山岩;
C—A、B区演化的碱性火山岩,其中钾质者
多与消减带有关,钠质者多与板内区有关

表2 微量元素含量及其参数表
Table 2 The trace element contents and parameter

样号	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sr	V	Zn	In	Ti	Sn	Sc	As
97MZ5-1	760	7.6	26	7.68	2.89	72.3	64.6	41.7	87.4	0.12	4.2	10.5	0.16	24
97MZ6-7	2510	20.5	33.9	3.69	2.44	29.5	47.2	29.5	21.3	0.04	2.9	9.5	0.07	31
97MZ8-1	88.2	26.8	50.6	14.2	16.3	47.7	710	334	217	0.09	1.1	9.5	0.05	15
97MZ10-1	11.3	10.8	39.3	4.55	2.45	35.6	33.2	12.2	498	0.09	2.5	10	0.02	11
97MZ10-3	576	10.5	31.9	8.46	2.41	212	14.8	21.3	159	0.05	3	12	0.02	49
样号	Sb	Bi	Hg	W	Mo	Rb	Au	Ag	Te	Co/Ni	Ni/V	Au/Ag	Rb/Sr	Tc/Sc
97MZ5-1	1.22	1.84	0.012	53	2	256	0.26	1.4	24	263	0.07	0.19	3.96	150.0
97MZ6-7	1.06	6.1	0.004	672		268	0.0322	0.14	25	1029	0.08	0.23	5.68	352.1
97MZ8-1	0.46	5.5	0.008	53	0.2	50	0.0049	0.12	32	5	0.05	0.04	0.07	666.7
97MZ10-1	0.48	0.12	0.002	370		222	0.0124	0.13	21	5	0.20	0.10	6.69	954.5
97MZ10-3	0.68	0.4	0.006	160	2.2	279	0.0076	0.56	92	239	0.11	0.01	18.85	5750.0

元素丰度接近。该矿区次火山岩微量元素含量与世界花岗岩、基性岩对比曲线:Co、Pb、Zn、Sn、As、Bi、W、Te 呈正异常峰,Cu、Sr、In、Se、Sb、Hg、Rb、Ag 为负异常谷,花岗质岩与辉绿岩仅正异常峰 Zn、V,负异常 Rb、Mo 有差异(图 5)。

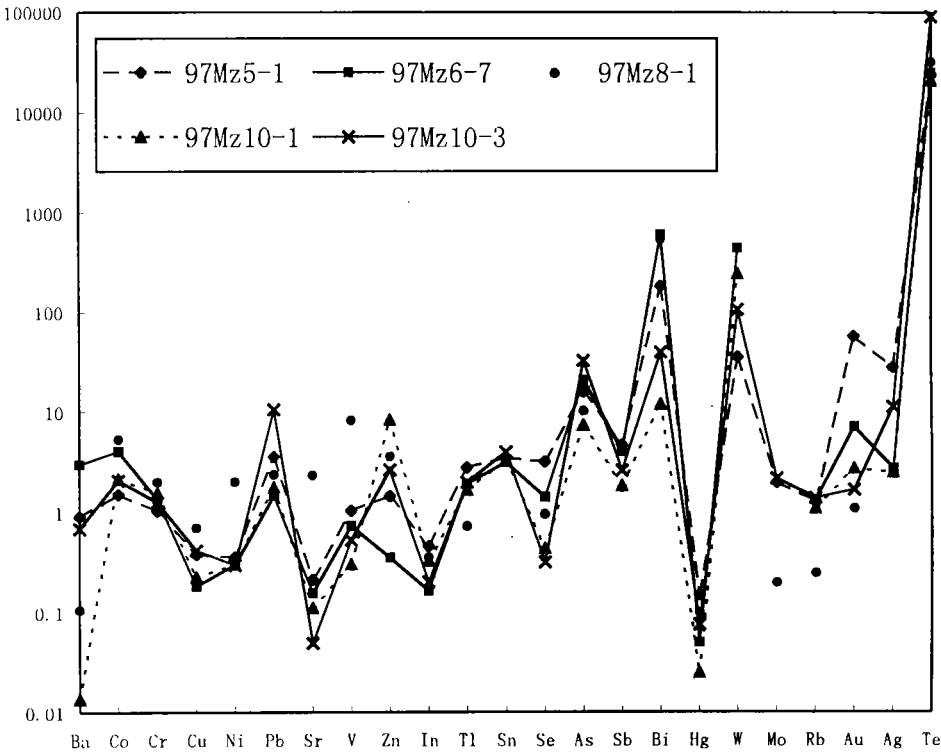


图 5 微量元素与世界花岗岩、基性岩(A. П. 维诺格拉多夫,1962)比值曲线图
Fig. 5 The curve of the ratio between the subvolcanic rock trace element of gold field
in Mazhuang Shan and granite, basalt (A. П. ВИНЮГРАДОВ,1962) of the world

R 型聚类分析,20 个元素可分为 Au—Te—Cu—V—Bi—Co—Cr,Ag—W—Ba—Se—Ni,Pb—Tl—As,Zn—Rb,Sr—Sb,Mo 等组,也表明对金银矿成矿有利。

(2)花岗质岩的Cr、Ni、Co、V等基性场之含量,Co、Cr较高,为世界花岗岩的1.52—4.1、1.04—1.572倍,V、Ni较低,为其0.305—1.043、0.301—0.361倍。表明其岩浆源区与下地壳和上地幔有一定联系。辉绿岩的Cr、Co、Ni与低钾拉斑玄武岩弧、Rb、Sr与大陆裂谷拉斑玄武岩(50、25、20、31和 350×10^{-6} ,K. C. Condie, 1982^[8])相近。

(3)过渡元素(TME)分配型式 该矿区TME含量列于表3。经计算机成图(图6),其分配型式:Co、Pb、Ag为正异常峰,Cr、Ni、Zn为负异常谷。反映花岗质岩和辉绿岩岩浆强烈分馏特征。 Σ TME高,Ni/Co较高,为岩浆成因特征。Ni/V、Au/Ag低,有利于成金矿,更利于成银矿。

表 3 次火山岩 TME 含量表
Table 3 The TME contents

样 号	V	Cr	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Ag	Au	ΣTME
97MZ5-1	41.7	26	7.6	2.89	7.68	72.3	87.4	1.4	0.26	205.53
97MZ6-7	29.5	33.9	20.5	2.44	3.69	29.5	21.3	0.138	0.0322	111.5002
97MZ8-1	334	50.6	26.8	16.3	14.2	47.7	217	0.124	0.0049	372.7289
97MZ10-1	12.2	39.3	10.8	2.45	4.55	35.6	498	0.126	0.0124	590.8384
97MZ10-3	21.3	31.9	10.5	2.41	8.46	212	159	0.564	0.0076	424.8416

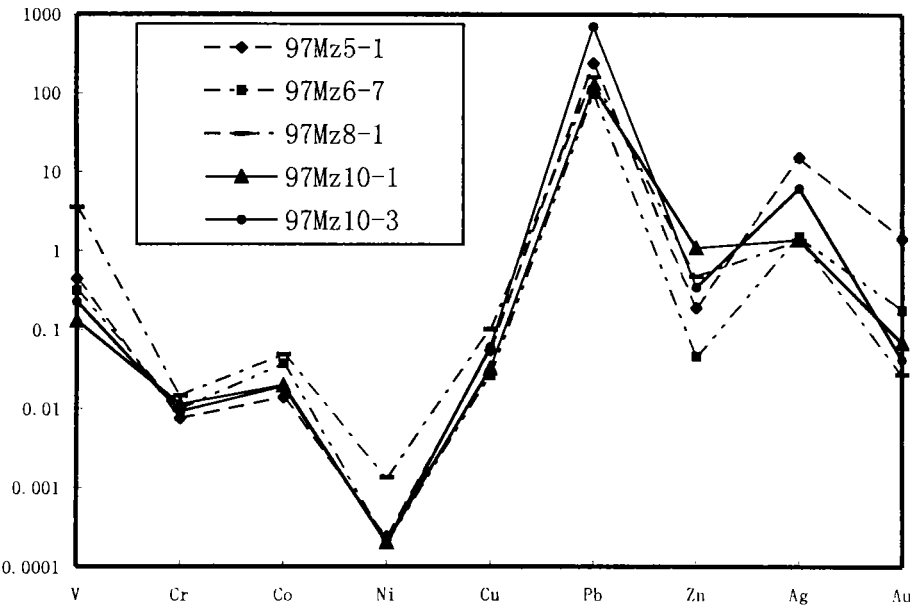


图 6 次火山岩 TME 分配型式图
Fig. 6 The TME distribution pattern

需要指出,隐爆角砾岩 TME 配分型式与花岗质岩、基性岩相似。表明它们之间有成因联系,与花岗斑岩尤为密切。有较好成矿前景的 Bi、Au、Ag、Sb、Pb、Zn、Sn、W、Mo、Co、Te 等与花岗质岩的密切程度依次由花岗闪长斑岩、石英斑岩、隐爆角砾岩和花岗斑岩而降低。

3.2.3 次火山岩稀土元素特征

次火山岩稀土元素含量及其参数见表 4。

(1)稀土元素总量(ΣREE) 花岗质岩ΣREE 较 A. G. 赫尔曼(1970)和 A. Π. 维诺格拉多夫(1962)花岗岩含量(250×10^{-6} 、 350×10^{-6})都低。Taylor(S. R. , 1979)指出,后太古宙上部地壳ΣREE= 183.68×10^{-6} ,下地壳ΣREE= 54×10^{-6} ;辉绿岩ΣREE 较维诺格拉多夫(A. Π. ,1962)和图尔基安(K. ,1961)基性岩(95.1×10^{-6} 、 85×10^{-6})和石英斑岩均高,均表明它们ΣREE 介于下、上地壳过渡带。

(2)δEu 和 δCe 该矿区次火山岩 δEu 均<1,为负锕异常,并由辉绿岩、花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩和隐爆角砾岩依次减小,负异常增强,分异加大,部分熔融较高。较 A. Π. 维诺格拉多夫(1862)地壳 δEu(0.54)小、黎彤(1976)上地幔 δEu(0.79)更小。δCe 均>1,

表 4 稀土元素含量($\times 10^{-6}$)及其参数表
Table 4 The REE contents and parameter

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
97Mz5-1	27.1	56.9	5.85	21.6	4.1	1.24	4.42	0.72	4.47	0.97	2.81	0.43	2.96	0.49	29.3
97Mz6-7	31.6	50.9	5.28	18.7	3.11	0.74	2.67	0.43	2.26	0.49	1.39	0.23	1.55	0.26	12.1
97Mz8-1	19.1	37.4	6.3	25.6	5.45	1.76	5.66	0.9	4.91	1.04	2.68	0.39	2.4	0.38	24.8
97Mz10-1	31.8	55.5	6.75	25.7	4.98	0.81	4.69	0.79	4.6	0.97	2.68	0.43	2.86	0.45	24.8
97Mz10-3	35.1	56.5	7.16	27.3	5.06	0.7	4.69	0.75	4.38	0.94	2.6	0.42	2.72	0.44	23.6

样号	(Eu/Sm)N	(Sm/Nd)N	(La/Sm)N	La/ Σ REE	Σ LREE/ Σ HREE	(La/Yb)N	δ Eu	δ Ce
97Mz5-1	0.8	0.6	4.1	0.2	1.8	5.4	1.0	0.9
97Mz6-7	0.7	0.5	6.4	0.3	3.3	12.1	0.9	0.8
97Mz8-1	0.9	0.6	2.2	0.2	1.6	4.7	1.0	0.8
97Mz10-1	0.4	0.6	4.0	0.2	2.1	6.6	0.7	0.8
97Mz10-3	0.4	0.6	4.3	0.3	2.3	7.7	0.6	0.8

为正铈异常,并由花岗闪长斑岩、辉绿岩、石英斑岩、隐爆角砾岩和花岗斑岩依次变小,可能与蚀变有关。较 A. П. 维诺格拉多夫(1962)地壳 δ Ce(0.89)大,黎彤(1976)上地幔 δ Ce 更大。

(3) Σ LREE/ Σ HREE 该矿区次火山岩 Σ LREE/ Σ HREE 均 $>2-4$ 以上,表明次火山岩稀土分馏程度较高,并随石英斑岩、隐爆角砾岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩和辉绿岩而变小,分馏程度降低。

(4)稀土球粒陨石标准化分配型式 该矿区次火山岩为轻稀土富集平缓右倾型,花岗斑岩和隐爆角砾岩有中强负铈异常,稀土元素有一定程度分馏;辉绿岩、花岗闪长斑岩和石英斑岩则无铈异常,稀土元素未行分馏,为 I (同熔)型花岗质岩特征,显示源自下地壳岩浆源区(图 7)。

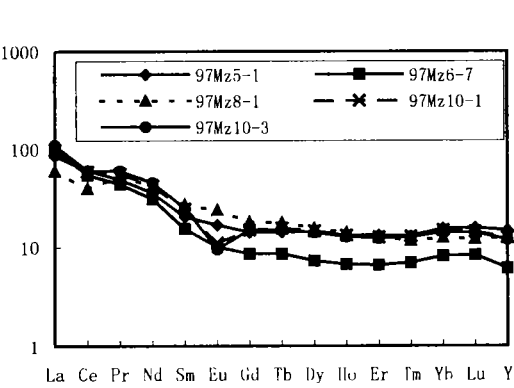


图 7 稀土球粒陨石标准化分配型式图
Fig. 7 The REE chondrite distribution pattern

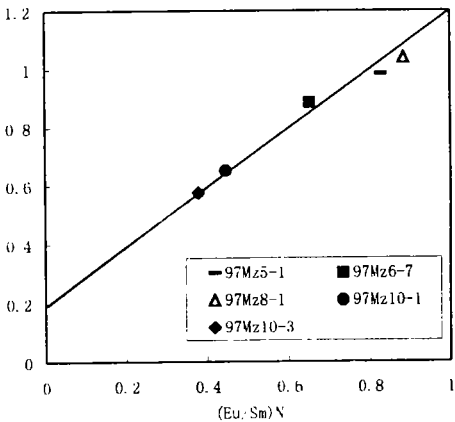


图 8 δ Eu-(Eu/Sm)N 关系图解
Fig. 8 The δ Eu-(Eu/Sm)N diagram

(5)(Eu/Sm) N 该矿区次火山岩(Eu/Sm) $N > 0.20 - 0.40$ 的有石英斑岩、花岗闪长斑岩和辉绿岩。在 $\delta Eu - (Eu/Sm)N$ 关系图显示:两者呈正相关,相关系数为 0.988;与 Au (Ag)关系密切程度由花岗斑岩、隐爆角砾岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩、辉绿岩方向演化和增强,也反映下地壳非平衡部分熔融岩浆演化特征(图 8)。

(6)(La/Yb) N 和 (La/Sm) N 该矿区次火山岩(La/Yb) N 均 > 1 ,由石英斑岩、隐爆角砾岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩和辉绿岩依次减少,曲线右倾,依次趋缓;LREE 富集,而富集程度依次降低。(La/Sm) $N > 1$,变小趋势同上,LREE 之间分馏程度趋降。

(7)稀土含量与岩石化学成分有关 该矿区次火山岩 ΣREE 与 SiO_2 含量大致呈正消长关系。显示花岗质岩富挥发份。

4 结论

由上分析,可以得出以下结论:

(1)该矿区次火山岩有花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、隐爆角砾岩和辉绿岩。是海西中晚期依次侵位的超浅成次火山岩。

(2)花岗质岩为高硅富钾贫铝钙—钙碱性 I (同溶)型花岗岩类,分异度高;辉绿岩则为富钠碱性正常基性岩类,分异度和铝质指数较低。两者均为活动大陆边缘构造环境形成。

(3)岩石化学、微量和稀土元素特征表明,花岗质岩岩浆源区来自中下地壳,辉绿岩岩浆源区来自下地壳,为非平衡部分熔融产物。

(4)花岗质岩对金银矿形成有密切关系,尤其是花岗闪长斑岩和石英斑岩,辉绿岩也可对金银矿形成提供部分成矿物质。

5 主要参考文献

- 1 周济元,张斌,张朝文等. 东天山古大陆及其边缘银、铼、金和铜矿地质. 北京:地质出版社,1996,63—64
- 2 周济元. 地质动力学引论. 成都:成都科技大学出版社,1989
- 3 胡德琴. 天山东段中天山隆起带前寒武纪时代及演化—据 U—Pb 年代学研究. 地球化学,1986,10(3)
- 4 曾长华,陈建满,李晓晨. 新疆马庄山金矿控矿地质条件及其成因浅析. 黄金地质,1997,3(4):55—66
- 5 南京大学地质系. 地球化学. 北京:科学出版社,1979
- 6 陈德潜,陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京:冶金出版社,1990:223—257
- 7 周济元. 矿床学的研究进展和发展方向. 见:中国地质学会编. 当今世界地球科学动向. 北京:地质出版社,1990:83—85
- 8 Condic K C. Plante tectonics & crustal evolution. 1982, 张雯华、李继亮译. 北京:科学出版社,1986.134—139
- 9 Chappell B W. White A. J. R. . Two contrasting granite types. Pacific Geol. , 1974, 8: 173—174

THE SUBVOLCANIC ROCK AND ITS GEOCHEMICAL FEATURES OF MAZHUANGSHAN GOLDFIELD IN HAMI, XINJIANG PROVINCE

*Zhou Jiyuan*¹ *Zeng Changhua*² *Cui Bingfang*¹

*Xiao Huiliang*¹ *Chen Shizhong*¹

(1 *IGMR, Nanjing* 210016)

(2 *No. 15 Gold Geological Party, Urumqi* 830057)

Abstract

Mazhuang Shan goldfield is located at the active continent margin on the northern flank of eastern sector of Paleozoic island arc of the Xingxingxia-Kawabulake block. There occurs many kinds of volcanic rock, subvolcanic rock and intrusive rock. Among them the subvolcanic rock of middle Hercynian is closely related with gold mineralization. The subvolcanic rock of this ore region includes grandiorite-porphyry, quartz porphyry, granite porphyry, cryptoexplosive breccia (abbreviated to granitoid rock) and diabase. Therefore, based on the background of regional geology and analyses of ore region geological features we emphasis our systematic research on the subvolcanic rock and its geochemical feature. We conclude that the granitoid rock in this region belongs to high silicon-kalium low aluminium-calc-alkaline syntectic granite and the magma source originated from the middle and lower crust. The diabase belongs to the normal type of basic rocks rich in sodium and its magma source originated from the lower crust. The former has high contents of Co, Pb, Zn, Sn, As, Bi, W, Mo, Au, Ag, Te etc. with important prospect of ore exploration. The latter has high contents of Ba, Pb, Zn, Ti, As, Bi, Au, Ag, Te etc., which can provide source for the metallogenesis. All these conclusions will have important theoretical and practical significance to studying the volcanic feature, metallogenic relationship, tectonic background and further ore exploration.

Key words goldfield subvolcanic rock active continental margin middle Hercynian syntectic granite Mazhuang Shan Hami Xinjiang