

西天山达巴特矿区火山岩的形成时代、构造背景及对斑岩型矿化的制约

张作衡¹⁾, 王志良¹⁾, 左国朝²⁾, 刘敏¹⁾, 王龙生¹⁾, 王见喆³⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037;

2) 甘肃省地质调查院, 兰州, 730000; 3) 新疆有色地勘局七〇三地质队, 新疆伊宁, 835100

内容提要:本文通过对西天山地区比较典型的达巴特斑岩铜钼矿床矿区范围内出露的英安岩和花岗斑岩进行了系统的岩石地球化学分析, 对流纹斑岩和花岗斑岩中的锆石进行了 SHRIMP U-Pb 定年研究, 分别获得了 315.9 ± 5.9 Ma 和 278.7 ± 5.7 Ma。岩石化学、微量以及稀土元素特征表明从英安岩到花岗斑岩, 岩体具有明显的分异演化特征和很好的继承性。火山岩和次火山岩的精确定年为准确厘定火山岩形成的时限和地球动力学背景提供了依据。结合已有的 Re-Os 法获得的矿化年龄, 表明晚石炭世末-早二叠世初 (278.7 ± 5.7 Ma), 西天山地区进入板块碰撞-板内伸展阶段, 由于深源岩浆侵位, 在达巴特矿区形成了由花岗斑岩、流纹斑岩和流纹质角砾熔结凝灰岩组成的椭圆形火山机构, 并导致相关矿床的形成。

关键词: 达巴特; 火山岩; 岩石地球化学; SHRIMP 锆石 U-Pb 定年; 西天山

作为天山成矿带的重要组成部分, 新疆西天山地区已经发现有喇嘛苏、达巴特、冬吐劲、莱历思高尔和肯登高尔等斑岩型矿床, 随着找矿勘查程度的不断提高, 越来越多的研究资料不断涌现。但不同矿床现有矿化年龄的不一致性, 导致对该地区的斑岩型矿化的形成环境和矿化机制有不同的认识(如, 母瑞身等, 1998; 隗合明等, 1999; 王核等, 2000; 邓洪涛, 2001; 沙德铭等, 2003)。达巴特斑岩型铜钼矿床是西天山近年来勘查取得突破的矿床, 王见喆等(2004)对矿床地质特征进行了介绍, 张作衡等(2006)对矿石矿物辉钼矿进行了 Re-Os 矿化年龄测试, 初步探讨了成矿环境。由于该矿床产出背景比较独特, 发育于上泥盆统托斯库尔他乌组及海西中期英安岩内的由流纹质角砾熔结凝灰岩、流纹斑岩和花岗斑岩组成的椭圆形火山机构之间的接触带处。因此对矿区内与矿化关系密切的英安岩和花岗斑岩进行了系统的岩石地球化学分析, 并进行花岗斑岩和流纹斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测定, 有助于探讨矿区火山岩形成的构造环境。结合现有矿化测年数据, 为进一步探讨矿床形成的地质环境和矿床成因提供了新的依据, 对深化研究区域成矿背

景和成矿机制将提供更加准确的年代学资料。

1 地质概况

达巴特矿床所在的赛里木湖-博罗科努地区位于西天山北部, 区域上包括阿拉套山、别珍套山、汗吉尕山、库松姆切克山、科古琴山、博罗科努山及其所夹盆地或谷地, 区内地层出露较齐全, 岩浆岩广泛发育, 构造演化复杂。从北到南构造格局分别为阿拉套晚古生代裂谷、北天山(巴音沟)早-中石炭世弧前-海沟带、别珍套-科古琴晚古生代岛弧、吐拉苏晚古生代弧后断陷盆地和伊犁晚古生代裂谷(图1)(左国朝等, 2008)。

区域上出露地层主要有古元古界温泉群、中元古界长城系和蓟县系以及新元古界青白口系和震旦系, 古生界地层寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系和二叠系均有出露。区域内侵入岩发育, 从岩基、岩株到岩墙均有出露, 呈近东西向带状分布, 以中酸性岩体最为发育, 侵入时代主要为吕梁期、加里东晚期和海西期(王核等, 2000; 王永新, 1997; 沙德铭等, 2003)。区内火山活动较频繁, 其时代从加里东中晚期到海西期, 以晚古生代为主, 火山岩也呈近

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40573028)、地质调查项目(编号 1212010561603-3 和 1212010634001)以及国家科技支撑重点项目(编号 2006BAB07B08-01)资助的成果。

收稿日期: 2008-07-12; 改回日期: 2008-09-03; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 张作衡, 男, 1971 年生。博士, 研究员。主要从事金属矿床成矿作用和矿床地球化学研究。通讯地址: 100037 北京市百万庄大街 26 号; 电话: 010-68999050, Email: zuoheng@hotmail.com。

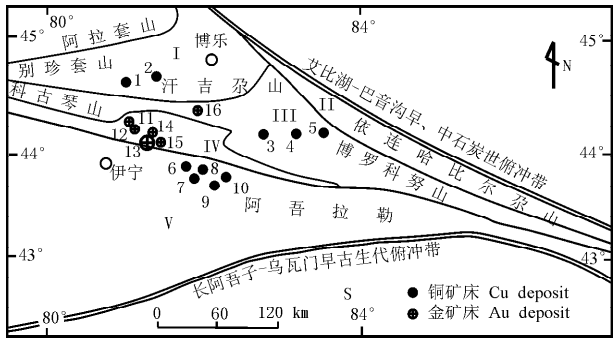


图 1 西天山地区大地构造单元与铜金矿床分布示意图
(据隗合明等,1999; 王志良等,2004 修改)

Fig. 1 Sketch map showing the devision of tectonic units and distribution of copper-gold deposits in the western Tianshan Mountains (Modified from Wei et al. ,1999; Wang et al. ,2004)

构造单元:I—阿拉套二叠纪裂谷;II—北天山巴音沟早、中石炭世弧前—海沟带;III—别珍套—汗吉尕早—中石炭世岛弧带;IV—吐拉苏石炭纪弧后断陷盆地;V—伊犁石炭—二叠纪裂谷;S—南天山早古生代多岛微洋盆;矿床名称:1—喇嘛苏;2—达巴特;3—冬吐劲;4—莱历斯高尔;5—肯登高尔;6—穷布拉克;7—109 铜矿;8—克斯布拉克;9—群吉;10—克孜克藏南;11—伊尔曼德;12—京希布拉克;13—阿希;14—阿庇因迪;15—塔吾尔别克;16—五台

Tectonic units: I—Alatao Permian rift; II—Northern Tianshan Bayingou Early-Middle Carboniferous forearc trench; III—Biezhentao-Hanzhega Early—Middle Carboniferous intra-continental arc; IV—Tulasu Carboniferous back-arc fault basin; V—Ili Carboniferous-Permian rift; S—Southern Tianshan Mts. Paleozoic archipelago micro ocean basin; Name of deposits: 1—Lamasu; 2—Dabate; 3—Dongtujin; 4—Lailisigaoer; 5—Kendenggaoer; 6—Qiongbulake; 7—109 copper deposit; 8—Kesibulake; 9—Qunji; 10—Kezikezangnan; 11—Yiermande; 12—Jingxibulake; 13—Axi; 14—Apiyindi; 15—Tawuerbieke; 16—Wutai

东西向带状分布。奥陶系、志留系为海相中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩,主要分布在科古琴山一带,从早到晚存在由酸性、中酸性到中基性的演化规律(王核等,2000)。

2 主要岩石特征

达巴特矿区的火山岩包括出露于矿区东南部的英安岩以及矿区中部构成火山机构的流纹质角砾熔结凝灰岩、流纹斑岩和花岗斑岩。

2.1 英安岩

达巴特矿区英安岩出露于椭圆形火山机构东南侧(图 2),呈蘑菇帽状喷发不整合于中、上泥盆统凝

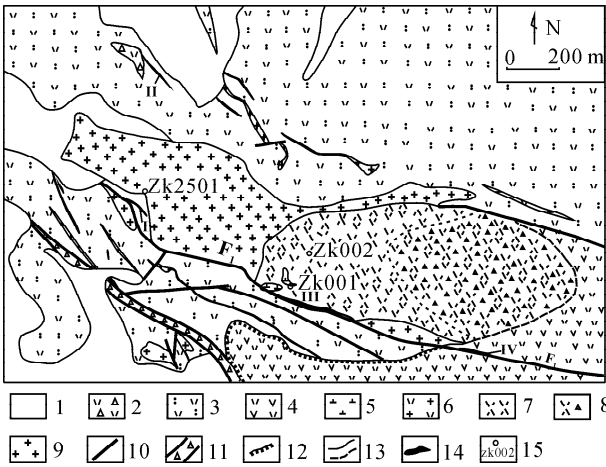


图 2 达巴特铜钼矿床地质图(据张作衡等,2006)
Fig. 2 Geological map of the Dabate copper molybdenum deposit (after Zhang et al. , 2006)

1—第四系沉积物;2—上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰质角砾岩和熔岩;3—上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰岩和凝灰质砂岩;4—英安岩;5—闪长岩;6—石英斑岩;7—流纹斑岩;8—流纹质角砾熔结凝灰岩;9—花岗斑岩;10—断层;11—破碎带;12—喷发不整合界线;13—地质界线及推测界线;14—铜钼矿体;15—钻孔及编号

1—Quaternary sediments; 2—Upper Devonian tuffaceous breccia and lava of the Tuosikuertawu Formation; 3—Upper Devonian tuff and tuffaceous sandstone of the Tuosikuertawu Formation; 4—dacite; 5—diorite; 6—quartz porphyry; 7—rhyolitic porphyry; 8—rhyolitic breccia welded tuff; 9—granite-porphyry; 10—fault; 11—fracture zone; 12—eruption unconformity boundary line; 13—line and inferred line of geological limitation; 14—copper-molybdenum orebody; 15—drilling hole and its number

灰质砂岩之上(图 3),柱状节理极为发育,具陆相火山喷发特征。

岩石呈现灰绿色,具斑状结构,斑晶为斜长石及少量钾长石、石英和角闪石等。斜长石呈无色,自形-半自形柱状、板状,多被鳞片状绢云母集合体交代,偶见中长石环带结构,含量 10%~15%;钾长石呈自形-半自形板状、柱状,部分被蠕虫状石英交代,含量 5%;石英:不规则锯齿状,含量为 2%;角闪石:熔蚀长柱状及不规则残留状,暗灰色或者绿色,含量为 2%~5%;黑云母:呈浅褐色,见完全解理,已完全被绢云母交代,含量约为 1%。基质由石英长石和绿泥石组成,具嵌晶结构次生石英、绿泥石交代基质,局部形成文象结构。

2.2 花岗斑岩

与铜钼矿化关系密切的达巴特椭圆形古火山机

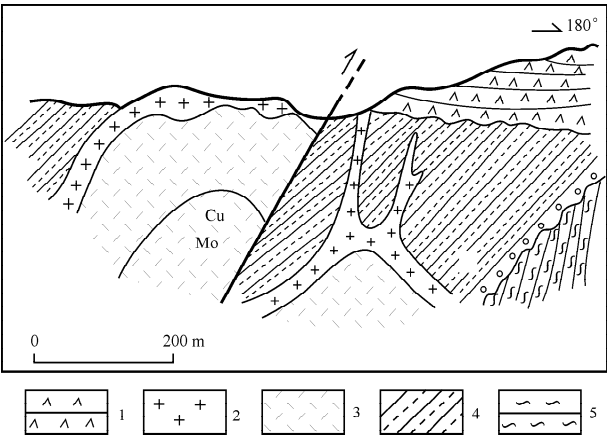


图 3 达巴特斑岩铜矿区地质剖面示意图

Fig. 3 sketch section map of Dabate ore district

1—石炭系英安岩;2—花岗斑岩;3—流纹斑岩;4—上泥盆统库
尔他乌组凝灰岩和凝灰质砂岩;5—古元古界片岩
1—Carbonaceous dacite; 2—granite-porphyry; 3—rhyolitic
porphyry; 4—Upper Devonian tuff and tuffaceous sandstone of
the Tuosikuertawu Formation; 5—Paleo-Proterozoic schist

构位于矿区中部,岩性自南东向北西依次为流纹质角砾熔结凝灰岩、流纹斑岩和花岗斑岩,这些岩石组成了一个椭圆形火山机构(王核等,2000)。该火山机构的长轴长 1800m 左右,短轴长 200~500m,面积约 0.6km²,长轴走向 295°,倾向北东,倾角 70°~86°。流纹质角砾熔结凝灰岩和流纹斑岩之间为渐变过渡关系,而流纹斑岩和花岗斑岩之间的界限相对比较明显。

花岗斑岩位于火山机构的西北部,岩石具斑状结构,斑晶粒度较粗,一般在 3~7mm 之间,斑晶成分为石英、斜长石和钾长石以及少量黑云母。石英:熔蚀圆形,边部呈不规则状,个别见裂纹,含量 8%~10%;斜长石:主要为更长石,个别为中长石,自形-半自形板状,无色,见聚片双晶、卡钠复合双晶,多数边部或局部被石英、绢云母交代,含量约为 10%;钾长石:主要为微斜长石,表面常见白色、褐色分解物,呈半自形宽板状,不同程度地被绢云母和石英交代,含量 10%~15%;黑云母:呈片状,褐色,多被绿泥石交代,含量 1%~2%。

基质为细粒花岗结构,局部具花斑结构。主要成分为石英、斜长石和绢云母。岩石普遍具绿帘石化、硅化、萤石化及黄铁绢英岩化,局部见电气石化。

2.3 流纹斑岩

位于火山机构的中部。岩石呈斑状结构,斑晶成分为石英、斜长石、钾长石和角闪石等,斑晶粒度

在 2~3mm 之间。石英为无色,多为碎裂晶,个别呈港湾状,含量 3%~5%;斜长石呈自形-半自形板状,单个斑晶或聚斑晶,常见裂纹,聚片双晶发育,含量 5%~10%;钾长石呈无色或褐色,半自形-自形宽板、板状及不规则状,个别见不完整的聚片双晶,部分被绢云母及白云母交代,含量 5%~8%;角闪石呈半自形长柱状,见黑云母化。

基质由显微它形粒状石英、显微长条状长石、高岭石和绢云母等组成,显微粒状石英与显微长条状长石镶嵌呈显微霏细结构,定向分布,构成流纹构造,含量 60%~65%;次生石英、高岭石、绢云母交代基质中的长石,呈蠕虫状团块和准文象结构,含量约 15%。

岩石自碎裂作用较强,微裂隙发育,沿微裂隙见孔雀石脉、石英-萤石脉、孔雀石-黄铁矿-石英脉、石英-绢云母脉及石英细脉,上述矿物组合偶尔成团块状不均匀分布于岩体中。

2.4 流纹质角砾熔结凝灰岩

位于火山机构的东南部。岩石呈土红色-灰白色,凝灰结构,流纹构造和角砾状构造,由大量玻屑、浆屑、晶屑和角砾组成。晶屑主要为钾长石、石英和斜长石。石英晶屑有明显熔蚀现象。角砾含量约 5%~15%,呈棱角状和次棱角状,角砾成分复杂,主要由流纹岩、熔岩、凝灰岩和英安岩等组成,砾径 2~5mm,具有方向性,长轴方向与流纹流线一致。

3 岩石地球化学特征

3.1 常量元素

本次研究选取了达巴特矿区出露的比较新鲜的英安岩和花岗斑岩,分别对同一样品进行了系统的常量元素、微量元素及稀土元素配套分析。测试工作在国家地质实验测试中心实验室完成。常量元素采用熔片 XRF 方法在 X 荧光光谱仪(3080E)上完成,其中 FeO 采用容量滴定法,CO₂ 用电导法,H₂O⁺ 用重量法分析。稀土元素样品用 Na₂O₂ 熔融,经分离富集后用 ICP-MS 测定。Sc、V、Cr、Co、Ni、Cu、Zn、Rb、Sr、Zr、Nb、Ba、Hf、Ta、U、Th、Pb、Ga、Be、W、Cs、Mo、Li 样品经 Na₂O₂ 熔融后,水提酸化,用 ICP-MS 测定。分析结果见表 1。

由表 1 可以看出,达巴特英安岩各样品的氧化物中 SiO₂ 含量总体较高,而且变化幅度不大,为 62.12%~64.38%。TiO₂ 的含量为 0.52%~1.05%。Al₂O₃ 的含量变化不大,为 14.63%~15.90%。MgO 的含量 1.36%~3.30%,CaO 的含

表 1 达巴特矿区英安岩和花岗斑岩的岩石化学分析(%)

Table 1 Chemical composition of dacite and granite-porphyry in Dabate ore district (%)																
岩石	英安岩												花岗斑岩			
样号	Dbt-24	Dbt-25	Dbt-26	Dbt-27	Dbt-28	Db-4	Db-5	Db-6	Db-11	Bb-12	Bb-13	DBT-11	DBT-12	DBT-13	DBT-18	DBT-20
Na ₂ O	3.22	3.85	3.35	3.42	3.50	2.92	3.61	3.34	3.78	3.82	3.25	3.77	3.84	3.62	1.99	1.57
MgO	2.77	2.96	2.30	2.79	2.82	3.16	3.30	3.11	1.80	1.36	1.63	0.10	0.08	0.07	0.13	0.04
Al ₂ O ₃	15.41	15.82	15.48	15.83	15.9	15.39	15.23	15.71	14.63	14.99	14.72	13.03	12.90	12.48	13.13	12.43
SiO ₂	62.26	63.62	64.38	63.31	63.09	62.35	62.12	62.68	62.85	64.30	64.27	74.25	75.54	75.48	73.97	76.32
P ₂ O ₅	0.13	0.14	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.14	0.17	0.17	0.17	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
K ₂ O	1.78	2.41	2.37	2.40	2.40	1.68	1.99	2.38	2.96	2.94	2.61	5.45	5.42	5.56	6.28	6.98
CaO	4.63	3.6	4.53	4.07	4.08	4.44	2.75	3.94	3.32	3.00	4.03	1.54	0.63	0.68	0.76	0.27
TiO ₂	0.61	0.65	0.52	0.63	0.64	0.67	0.67	0.66	1.05	0.98	0.96	0.09	0.09	0.11	0.13	0.08
MnO	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.09	0.06	0.07	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Fe ₂ O ₃	1.55	2.16	2.11	2.1	2.13	2.24	2.15	1.86	5.72	5.49	4.20	0.12	0.27	0.26	0.6	0.46
FeO	2.96	2.46	1.83	2.48	2.42	2.91	2.89	3.11	0.93	0.83	1.67	0.23	0.29	0.43	0.7	0.31
H ₂ O ⁺	2.48	1.82	1.84	2.20	2.06	2.30	3.20	1.86	1.32	0.92	1.64	0.31	0.13	0.31	0.22	0.31
CO ₂	1.60	0.50	0.96	0.68	0.77	1.54	1.19	1.19	1.19	1.02	0.58	0.66	0.74	0.6	1.38	1.1
Total	99.5	100.1	99.89	100.15	100.05	99.85	99.34	100.10	99.81	99.88	99.80	99.58	99.95	99.63	99.33	99.89

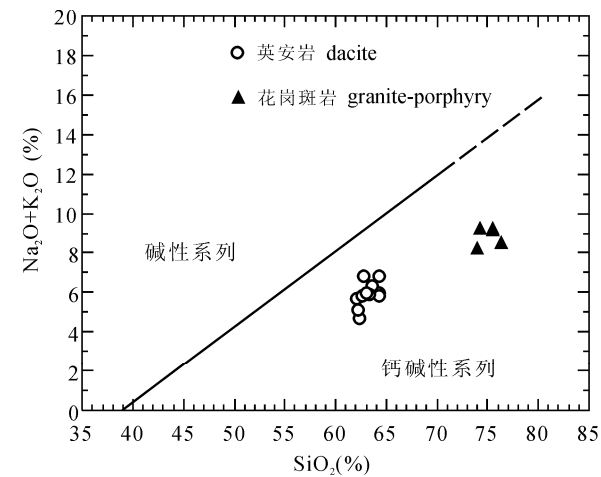


图 4 达巴特矿区英安岩和花岗斑岩的 SiO₂-Na₂O+K₂O 图解

Fig. 4 Diagram of SiO₂ versus Na₂O+K₂O of dacite and granite-porphyry in Dabate ore district

量为 2.75%~4.63%。K₂O 和 Na₂O 的含量分别为 1.68%~2.96% 和 2.92%~3.85%。由 SiO₂-Na₂O+K₂O 图解(图 4)可以看出,所有样品的投影点都落在了钙碱性区域。

达巴特矿区花岗斑岩各样品的氧化物总量为 99.33%~99.95%。样品的 SiO₂ 含量总体较高,而且变化幅度不大,为 73.97%~76.32%。TiO₂ 的含量为 0.08%~0.13%。Al₂O₃ 的含量偏低,变化不大,为 12.48%~13.13%。MgO 的含量很低,为 0.04%~0.13%,CaO 的含量为 0.27%~1.54%。K₂O 和 Na₂O 的含量,分别为 5.42%~6.98% 和 1.57%~3.84%。

对比达巴特矿区的英安岩和花岗斑岩的化学特征可以发现,按照岩石演化的顺序, SiO₂ 的含量增加,从 62.12% 增加到 76.32%, Al₂O₃ 的含量下降, K₂O 有大幅度的升高,从 1.68% 到 6.98%。Fe₂O₃、MgO 和 CaO 的含量都有不同程度的下降。从岩石的 SiO₂-Na₂O+K₂O 图解上(图 4)上判断,两类岩石均属于钙碱性系列。

3.2 稀土和微量元素

对与常量元素相对应的样品分别进行了稀土元素和微量元素的测试,结果列于表 2。从表 2 可以看出,英安岩的稀土总量较低,为 94.62×10⁻⁶~139.39×10⁻⁶,其中轻稀土含量为 80.25×10⁻⁶~115.04×10⁻⁶,重稀土含量为 14.37×10⁻⁶~24.35×10⁻⁶。轻、重稀土之比值(∑Ce/∑Y)变化于 4.69~6.03。花岗斑岩的稀土总量较高,为 151.06×10⁻⁶~216.91×10⁻⁶,其中轻稀土含量为 117.39×10⁻⁶~182.81×10⁻⁶,重稀土含量为 32.33×10⁻⁶~36.01×10⁻⁶。轻、重稀土之比值(∑Ce/∑Y)变化于 3.49~5.36。两种类型岩石稀土元素的 δEu 分别变化于 0.64~0.81 和 0.1~0.13。

稀土总量以及轻、重稀土比例等表明英安岩的稀土元素在岩浆演化过程中经历了比较充分的分馏,轻稀土表现出明显的分馏,而重稀土的分馏程度很低。稀土元素配分模式总体上基本一致,轻稀土明显富集,分配曲线右倾(图 5)。就 Eu 亏损程度变化规律来看,δEu 变化于 0.64~0.81,在花岗岩中 Eu 相对于 Sm 和 Gd 比英安岩更为富集。Eu 从英安岩到花岗斑岩亏损程度更加明显,反映了花岗斑

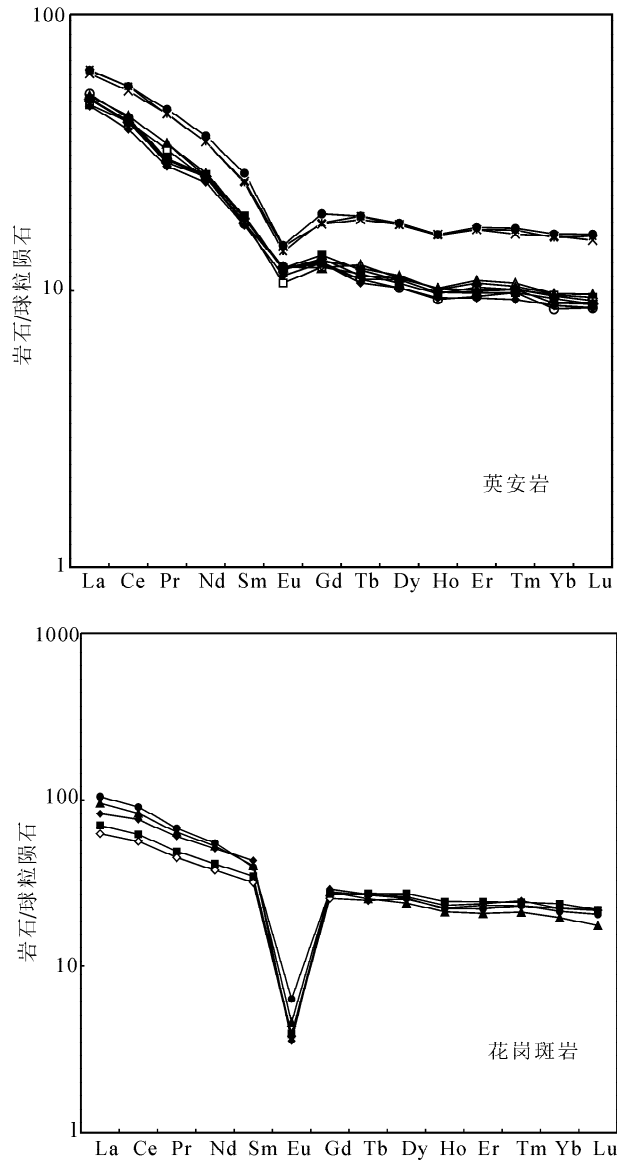


图 5 达巴特矿区英安岩和花岗斑岩的稀土元素配分模式(标准化数据据 Taylor and McLennan, 1985)

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of dacite and granite-porphyry in Dabate ore district (after Taylor and McLennan, 1985)

岩在分离结晶过程中,斜长石不断晶出的结果。

上述稀土元素配分形式的相似性,表明本区不同类型火山岩和次火山岩具有相似的源区物质组成,稀土元素特征的变化也符合岩浆演化的规律。

对英安岩微量元素的研究结果(表 2,图 6)表明,微量元素经 MORB 标准化后的配分型式如图 6 所示,主要表现为高度富集 Cs、Rb、Ba、Sr 和 Th 等大离子元素,而高场强元素 Y 中等亏损,Nb 除一个样品外,均没有出现负异常。表明该微量元素接近于板内过渡型玄武岩系列岩石的配分模式。

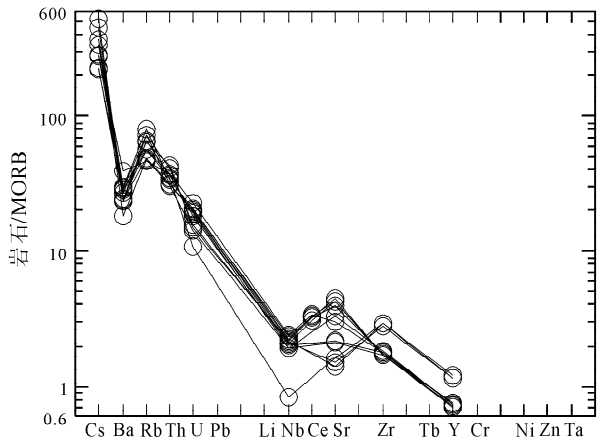


图 6 达巴特矿区英安岩微量元素 MORB 标准化配分模式(标准化数据据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 6 Diagram of primitive mantle-normalized trace element of dacite in Dabate ore district (after Sun and McDonough, 1989)

由微量元素丰度值可以看出,不论是英安岩还是花岗斑岩,铜元素的值均高于地壳平均值,Pb、Ag、W、Sn、Mo、Bi 和 As 的元素丰度也比较高。从表中还可以看出,相对早期的英安岩中这些元素的丰度值要低于晚期的花岗斑岩,反映出随着岩浆的不断分异演化和地壳物质的加入,上述元素不断增加,而 Cr、Co 和 Ni 的丰度相应降低。

4 岩体的形成时代

本次研究选取火山机构中部的流纹斑岩和花岗斑岩中的锆石进行 SHRIMP U-Pb 定年研究。样品的特点前面已有描述。

4.1 测年方法

对岩体的同位素测年采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 法,测试工作是在中国地质科学院北京离子探针中心 SHRIMP II 上完成。首先在双目镜下挑选出晶形完好、具有代表性的锆石颗粒。将选出的锆石与一定数量 TEM 标准锆石置于环氧树脂中,然后镀金抛光,直至锆石完全暴露,随后对锆石进行显微照像(反射光、透射光、阴极发光和背散射)。SHRIMP 分析的详细流程和原理见 Williams 等(1987)、Compston 等(1992)和刘敦一等(2003)的有关描述。分析点的选择首先根据锆石反射和透射照片进行初选,再结合背散射和阴极发光照片进行最后确定,力求避开内部裂隙和包裹体。分析时采用跳峰扫描,记录 Zr_2O^+ 、 $^{206}Pb^+$ 、背景值、 $^{207}Pb^+$ 、 $^{208}Pb^+$ 、 U^+ 、 Th^+ 、 ThO^+ 、 UO^+ 共 9 个离子束峰,每 7 次扫

描记录 1 次平均值。1 次离子流强度约 6 nA 、10 kv 的 O²⁻,靶径 25~30 μm,质量分辨率约 5000 (1 %峰高)。应用澳大利亚国家地调局标准锆石 TEM

(417 Ma)进行元素间的分馏校正。采用置于调试靶上的 RSES 标准锆石 SL13(年龄为 572 Ma、U 质量分数约 238×10⁻⁶)标定所测锆石的 U、Th、Pb

表 2 达巴特矿区英安岩和花岗斑岩的稀土和微量元素组成(×10⁻⁶)

Table 2 REE and trace element analyses of dacite and granite-porphyry in Dabate ore district (×10⁻⁶)

岩石	英安岩											花岗斑岩				
样号	Db-4	Db-5	Db-6	Db-11	Db-12	Db-13	Dbt-24	Dbt-25	Dbt-26	Dbt-27	Dbt-28	DBT-11	DBT-12	DBT-13	DBT-18	DBT-20
Li	35.3	43.5	32.8	51.4	32.0	34.4	43.7	34.5	28.8	34.3	43	52.8	61	61.8	202	75
Be	1.50	1.62	1.63	1.90	1.73	1.89	1.55	1.71	1.8	1.79	1.89	3.45	3.58	3.31	5.92	2.21
Cr	50.8	40.9	49.0	15.4	15.7	19.4	51.9	57.4	43.5	58.3	54.1	4.55	4.12	8.71	5.22	4.44
Co	16.3	14.1	14.7	13.0	9.92	12.1	15	16.5	13.4	17	15.8	0.61	0.48	1.46	0.84	0.68
Ni	33.5	31.1	41.5	6.36	9.56	6.42	39.1	44.3	32.8	47.3	41.6	6.28	5.56	8.38	5.19	4.37
Cu	51.3	44.0	41.4	22.8	13.1	28.1	40	39.7	34.8	40.5	38.8	79.9	263	250	91.7	212
Zn	125	103	91.7	87.5	72.5	97.4	59.7	68.8	65.4	67.2	70.7	20.1	16.0	18.4	40.1	32.1
Ga	17.6	16.6	17.2	17.7	13.9	17.4	19.1	20.1	20.6	20.8	21.0	28.4	26.8	26.1	28.8	27.6
Mo	0.83	0.50	0.72	0.91	0.70	1.12	1.00	0.76	0.5	0.72	0.4	1.61	2.35	1.61	5.91	6.25
Ta	1.22	1.09	1.14	1.25	0.48	1.28	0.67	0.62	0.67	0.65	0.85	2.22	2.21	1.89	1.35	2.24
W	1.39	1.29	0.98	1.73	0.67	1.31	3.42	3.08	1.96	1.98	1.99	18.6	20.7	14.3	23.2	22.9
Pb	80.2	18.6	16.3	15.8	11.5	17.8	14.8	13.6	14.7	12.8	13	15.7	13.6	18.3	17	13.1
Th	7.01	5.75	6.79	7.64	6.47	8.12	5.85	5.9	7.01	5.77	6.3	20.7	21.2	19.8	17.1	22.3
U	1.36	1.08	1.45	1.18	0.82	1.13	1.53	1.48	1.71	1.49	1.57	3.18	2.73	5.71	3.09	2.57
Ba	568	260	337	417	405	385	343	343	348	337	431	192	117	161	206	268
Sr	267	259	403	182	197	169	551	479	366	513	522	43.3	34	37.1	28.5	22.2
V	98.6	97.1	91.4	86.3	62.6	75.5	82.1	85.3	65.7	86.7	79.6	0.78	0.43	2.17	2.68	1.16
Sc	10.7	8.82	9.82	12.0	9.36	11.4	12.7	14.1	11.7	13.9	13.4	4	2.63	3.51	4.93	1.97
Rb	52.8	53.5	74.8	81.8	64.3	72.7	54.9	81.1	64.3	80.9	90.4	264	279	289	395	357
Nb	7.34	6.84	6.97	7.63	2.99	7.82	8.34	7.9	8.69	7.46	7.97	23	26.5	23.1	16.8	27.3
Cs	3.75	4.72	4.87	2.92	3.63	4.37	6.96	6.81	2.99	5.92	4.88	18.1	19.5	21	31.1	16
Y	25.2	23.9	25.0	39.0	38.8	41.4	25.6	25.6	24.1	24.3	25.5	63.2	66.8	55.1	59	62.8
Zr	163	155	166	253	266	266	155	158	162	154	159	137	144	148	165	130
Hf	4.44	4.29	4.53	6.70	6.93	7.02	4.24	4.12	4.26	4.15	4.3	5.35	5.54	5.35	5.94	4.82
La	18.6	17.3	18.6	22.4	23.1	23.0	18.1	18.3	18.9	17.1	18.2	23	25.8	35	38.4	30.2
Ce	41.1	39.1	41.1	50.6	52.5	52.5	39	38.9	40.4	36.8	39.4	53.8	59.4	79.2	86.5	72.9
Pr	4.68	4.45	4.68	5.98	5.97	6.22	3.99	4.08	4.12	3.87	4.13	6.13	6.67	8.78	9.27	8.26
Nd	18.5	18.1	19.0	24.6	24.6	25.9	18.4	18.5	18.2	17.5	18.7	26.8	29.2	37.3	39	36
Sm	4.23	4.13	4.27	5.74	5.67	6.15	4.05	4.22	4.04	3.99	4.3	7.33	7.99	9.27	9.09	9.91
Eu	1.06	0.93	1.04	1.26	1.21	1.27	1.06	1.04	1.06	0.99	1.05	0.33	0.34	0.4	0.55	0.31
Gd	3.71	3.73	3.94	5.34	5.40	5.80	3.8	3.99	3.87	3.85	4.12	7.81	8.31	8.52	8.58	8.88
Tb	0.72	0.67	0.70	1.05	1.08	1.08	0.64	0.66	0.64	0.62	0.69	1.44	1.59	1.47	1.55	1.57
Dy	4.26	4.06	4.34	6.63	6.60	6.70	4.19	4.23	3.9	3.91	4.19	9.63	10.4	9.1	9.73	9.93
Ho	0.87	0.83	0.86	1.36	1.35	1.36	0.84	0.87	0.79	0.8	0.84	1.9	2.08	1.8	1.88	1.97
Er	2.72	2.57	2.66	4.14	4.14	4.22	2.47	2.5	2.37	2.34	2.44	5.76	6.07	5.16	5.48	5.9
Tm	0.38	0.36	0.37	0.57	0.59	0.60	0.36	0.36	0.35	0.33	0.35	0.82	0.86	0.75	0.82	0.88
Yb	2.42	2.39	2.41	3.91	3.86	3.98	2.23	2.37	2.13	2.19	2.32	5.49	5.87	4.86	5.28	5.49
Lu	0.37	0.36	0.37	0.58	0.60	0.61	0.34	0.35	0.33	0.33	0.34	0.82	0.83	0.67	0.78	0.83
ΣREE	103.62	98.98	104.34	134.16	136.67	139.39	99.47	100.37	101.1	94.62	101.07	151.06	165.41	202.28	216.91	193.03
ΣLREE	88.17	84.01	88.69	110.58	113.05	115.04	84.6	85.04	86.72	80.25	85.78	117.39	129.4	169.95	182.81	157.58
ΣHREE	15.45	14.97	15.65	23.58	23.62	24.35	14.87	15.33	14.38	14.37	15.29	33.67	36.01	32.33	34.1	35.45
ΣCe/ΣY	5.71	5.61	5.67	4.69	4.79	4.72	5.69	5.55	6.03	5.58	5.61	3.49	3.59	5.26	5.36	4.45
δEu	0.80	0.71	0.76	0.68	0.66	0.64	0.81	0.76	0.81	0.76	0.75	0.13	0.13	0.14	0.19	0.10

的质量分数。数据处理采用 Ludwig SQUID 1.0 及 ISOPLT 程序(Ludwig, 1991)。

4.2 测试结果

达巴特铜钼矿区流纹斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年龄分析结果见表 3。在表 3 中,19 个分析点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 和²⁰⁷Pb/²³⁵U 比值在测定误差范围内一致。由于年轻锆石一般无铅丢失,且²⁰⁷Pb 的积累较少,²⁰⁷Pb/²³⁵U 比值年龄误差较大,故取²⁰⁶Pb/²³⁸U 比值年龄的加权平均值作为所测锆石的年龄。在锆石 SHRIMP 测年数据表(表 3)和 U-Pb 和谐曲线图(图 7)中,流纹斑岩的²⁰⁶Pb/²³⁸U 为 297.3±8.0~332.4±8.2Ma,加权平均年龄为 315.9±5.9Ma,置信度为 95%,MSWD 为 1.9。这一年龄数据表明,达巴特铜钼矿区中部流纹斑岩的时代为早石炭世,形成于早石炭世北天山(巴音沟)洋向南俯冲作用过程中,属于岛弧型陆相火山岩。

花岗斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年龄分析结果见表 4。在表 4 中,15 个分析点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 和²⁰⁷Pb/²³⁵U 比值在测定误差范围内一致。在锆石 SHRIMP 测年数据表(表 4)和锆石 U-Pb 和谐曲线图(图8)中,花岗斑岩的²⁰⁶Pb/²³⁸U 为 245±

14~323±22Ma,加权平均年龄为 278.7±5.7Ma,置信度为 95%,MSWD 为 1.6。这一年龄数据表明,达巴特铜钼矿区火山机构中部花岗斑岩形成于早二叠世,为板内裂谷拉张作用过程中的产物。

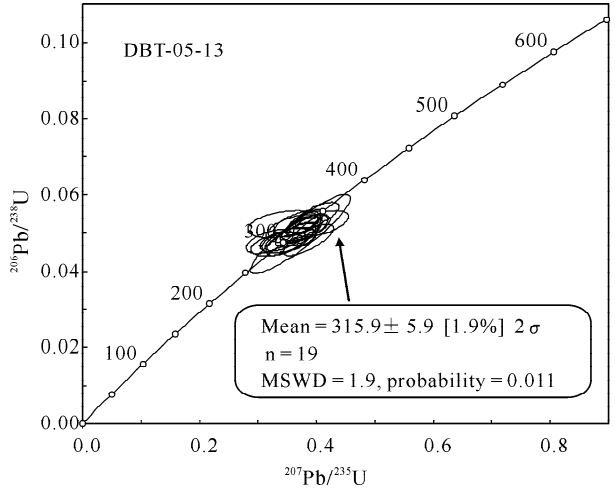


图 7 达巴特矿区流纹斑岩中锆石 U-Pb 谐和图
Fig. 7 Concordia plots of SHRIMP zircon U-Pb analytical results for rhyolitic porphyry of Dabate ore district

表 3 达巴特铜钼矿区流纹斑岩锆石 SHRIMP 测年数据

Table 3 SHRIMP U-Pb data of zircon from rhyolitic porphyry of Dabate ore district

测点	²⁰⁶ Pb (%)	U (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* (×10 ⁻⁶)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ±%	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ±%
DBT05-13-1	0.26	106	57	0.56	4.38	303.0±8.2	328±110	0.352±5.6	0.0481±2.8
DBT05-13-2	0.00	184	135	0.75	7.86	312.2±8.1	359±73	0.367±4.2	0.0496±2.6
DBT05-13-3	0.00	155	82	0.55	6.43	305±11	349±75	0.357±4.8	0.0484±3.5
DBT05-13-4	0.48	148	72	0.50	6.01	297.3±8.0	269±120	0.336±5.8	0.0472±2.8
DBT05-13-5	0.00	105	50	0.49	4.49	313.0±26.0	384±89	0.373±9.4	0.0498±8.5
DBT05-13-6	0.38	83	50	0.62	3.64	319.9±9.3	990±100	0.506±5.8	0.0509±3.0
DBT05-13-7	0.00	224	62	0.29	10.1	329.8±8.5	468±86	0.408±4.7	0.0525±2.6
DBT05-13-8	0.31	143	66	0.48	5.89	301.1±7.9	125±100	0.320±5.1	0.0478±2.7
DBT05-13-9	0.24	178	150	0.87	8.01	328.9±8.5	229±82	0.366±4.4	0.0524±2.6
DBT05-13-10	0.00	89	43	0.50	3.91	322.1±8.9	242±100	0.360±5.3	0.0512±2.8
DBT05-13-12	0.63	119	60	0.52	5.37	328.8±8.9	78±160	0.343±7.2	0.0523±2.8
DBT05-13-13	0.00	137	83	0.63	6.04	323.5±8.5	365±79	0.382±4.4	0.0515±2.7
DBT05-13-14	0.00	209	123	0.61	9.13	319.7±8.3	348±65	0.375±3.9	0.0508±2.7
DBT05-13-15	0.00	175	168	0.99	7.66	320.8±9.3	368±73	0.379±4.4	0.0510±3.0
DBT05-13-16	0.00	410	324	0.82	18.5	330.2±8.2	297±46	0.379±3.2	0.0526±2.5
DBT05-13-17	0.00	401	348	0.90	18.2	332.4±8.2	292±55	0.381±3.5	0.0529±2.5
DBT05-13-18	0.19	239	209	0.90	9.98	304.9±7.9	286±70	0.347±4.1	0.0484±2.6
DBT05-13-19	0.00	211	96	0.47	8.75	303±10	537±64	0.387±4.5	0.0482±3.5
DBT05-13-20	0.33	203	119	0.61	8.43	303.3±8.7	335±100	0.353±5.4	0.0482±2.9

注：表中单点年龄误差为 1σ;普通铅用测定的²⁰⁴Pb 进行了校正。

表 4 达巴特铜钼矿区花岗斑岩 SHRIMP 锆石测年数据

Table 4 SHRIMP U-Pb data of zircon from granite-porphyry of Dabate ore district

测点	²⁰⁶ Pb (%)	U (×10 ⁻⁶)	Th (×10 ⁻⁶)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb * (×10 ⁻⁶)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄	²⁰⁷ Pb * / ²³⁵ U ± %	²⁰⁶ Pb * / ²³⁸ U ± %
DBT-13-R1.1	1.70	255	154	0.62	10.3	292±11	491±140	0.364±7.5	0.0464±3.7
DBT-13-R2.1	0.80	1247	632	0.52	49.8	291±19	170±72	0.315±7.5	0.0462±6.8
DBT-13-R3.1	0.94	415	179	0.45	15.4	269.9±9.7	443±110	0.329±6.2	0.0428±3.7
DBT-13-R4.1	2.09	299	112	0.39	11.6	280±10	77±240	0.291±11	0.0444±3.8
DBT-13-R5.1	6.39	531	358	0.70	20.4	264.5±9.6	655±230	0.355±11	0.0419±3.7
DBT-13-R6.1	8.31	530	304	0.59	22.3	283±10	—1017±770	0.194±26	0.0448±3.8
DBT-13-R7.1	1.35	721	485	0.69	27.8	279±10	331±150	0.323±7.7	0.0442±3.7
DBT-13-R8.1	0.73	993	362	0.38	38.6	283±10	281±74	0.322±4.9	0.0449±3.6
DBT-13-R9.1	2.31	545	433	0.82	24.6	323±22	329±200	0.375±11	0.0513±6.9
DBT-13-R10.1	4.37	893	437	0.51	37.8	297±11	1348±88	0.561±5.8	0.0471±3.6
DBT-13-R11.1	3.38	225	124	0.57	8.61	272±10	508±310	0.341±14	0.0431±3.8
DBT-13-R12.1	0.67	570	324	0.59	20.4	261±12	656±140	0.350±8.0	0.0413±4.7
DBT-13-R13.1	1.07	230	102	0.46	8.77	277±10	850±120	0.408±7.1	0.0440±3.8
DBT-13-R14.1	2.68	327	177	0.56	13.3	291±11	173±250	0.315±11	0.0462±3.8
DBT-13-R15.1	1.16	519	265	0.53	17.5	245±14	159±180	0.263±9.7	0.0388±5.9

注：表中单点年龄误差为 1σ；普通铅用测定的²⁰⁴Pb 进行了校正。

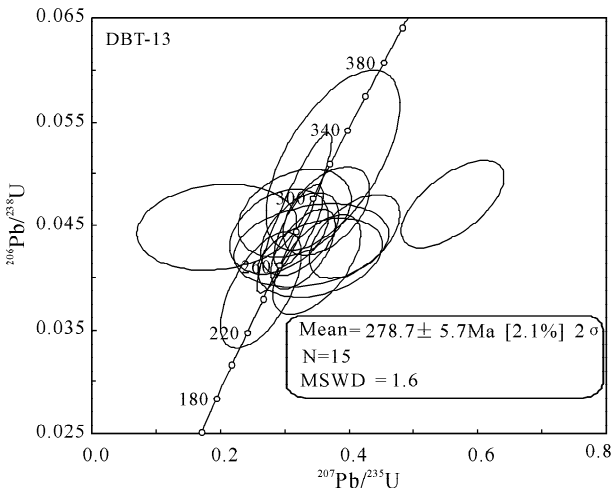


图 8 达巴特矿区花岗斑岩中锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 8 Concordia plots of SHRIMP zircon U-Pb analytical results for granite-porphyry of Dabate ore district

5 讨论和结论

由岩石地球化学资料可知,达巴特矿区的英安岩和花岗斑岩,按照岩石演化的顺序,SiO₂的含量增加,从 62.12%增加到 76.32%,Al₂O₃的含量下降,K₂O 有大幅度的升高,从 1.68%到 6.98%。Fe₂O₃、MgO 和 CaO 的含量都有不同程度的下降。两类岩石均属于钙碱性系列。稀土元素配分形式的相似性,表明本区不同类型火山岩和次火山岩具有相

似的源区物质组成,稀土元素特征的变化也符合岩浆演化的规律。由微量元素丰度值可以看出,不论是英安岩还是花岗斑岩,铜元素的值均高于地壳平均值,Pb、Ag、W、Sn、Mo、Bi 和 As 的元素丰度也比较高,从表中还可以看出,相对早期的英安岩中这些元素的丰度值要低于晚期的花岗斑岩,反映出随着岩浆的不断分异演化和地壳物质的加入,导致上述元素不断增加,而 Cr、Co 和 Ni 的丰度相应降低。岩石化学特征和微量以及稀土元素特征表明从英安岩到花岗斑岩,岩体具有明显的分异演化特征和很好的继承性。

区域地质资料表明,晚古生代期间,早泥盆世随着伊犁洋的关闭,别珍套-汗吉尕一带转入挤压抬升造山阶段,出现由南向北的逆冲推覆构造并有花岗岩类岩石侵位,由此古亚洲洋板块运动进入早期碰撞造山阶段。中泥盆世,由于受板内伸展作用的影响,在艾比湖-巴音沟一带形成早石炭世的北天山(巴音沟)洋,北天山洋向南的俯冲作用形成一个完整的早-中石炭世沟-弧-盆体系,即北天山巴音沟(依连哈比尔尕)早-中石炭世弧前-海沟带、别珍套-汗吉尕早-中石炭世岛弧带和吐拉苏早-中石炭世弧后断陷盆地。别珍套-汗吉尕早-中石炭世岛弧带的火山-侵入岩带特征明显,火山活动和岩浆侵入广泛发育(左国朝等,2008)。在达巴特铜钼矿区形成上泥盆统托斯库尔他乌组凝灰岩、凝灰质砂岩和凝灰质角

砾岩等,在达巴特地区形成早石炭世的流纹斑岩(315.9±5.9Ma)。晚石炭世末-早二叠世初(278.7±5.7Ma),西天山地区进入板块碰撞-板内伸展阶段,由于深源斑岩岩浆侵位,在达巴特矿区形成由花岗斑岩、流纹斑岩和流纹质角砾熔结凝灰岩组成的火山机构。

关于斑岩铜矿床的形成机制和环境,目前的认识主要有产于活动大陆边缘岩浆弧带的过渡构造环境(Sillitoe, 1972; Mitchell, 1973)、与大陆裂谷作用有关(黄崇轲等, 2001)、岩石圈的伸展减薄(张洪涛等, 2004)以及陆-陆碰撞环境(曲晓明等, 2001)。对于西天山地区目前发现的斑岩型矿床,由于对其所处的构造单元的划分不同以及缺少精确的年代学证据,导致对于这些矿床的成因、成矿构造背景以及成矿机制还存在不同的认识(母瑞身等, 1998; 隗合明等, 1999; 王核等, 2000; 邓洪涛, 2001; 沙德铭等, 2003; 王志良等, 2004; Zhang et al., 2008)。本次研究对达巴特流纹斑岩中的锆石进行 SHRIMP 测年,获得了 U-Pb 和谐年龄为 315.9±5.90Ma,花岗斑岩的年龄为 278.7±5.7Ma,该年龄与 Re-Os 同位素的直接测年结果 301±20Ma 在误差范围内的下限基本一致(张作衡等, 2006)。由此可见,从英安岩到火山机构的形成以及斑岩型矿化的形成在时间上构成了一个连续的过程。

如上所述,斑岩型矿化形成于晚石炭世末-早二叠世初,其成矿的地质背景是北天山巴音沟洋闭合之后,当西天山地区进入板块碰撞-板内伸展阶段时,深源斑岩岩浆侵位导致在达巴特矿区形成了火山机构,火山活动后期形成了斑岩型矿化,至于矿体定位机制以及成矿流体和成矿物质来源等,有待于进一步的深入研究。

致谢:野外工作期间,得到了新疆有色地勘局七〇三地质队的大力支持,分析过程中得到了北京离子探针中心和国家地质实验测试中心的帮助,在此表示感谢!

参 考 文 献

邓洪涛. 2001. 博罗科努山北坡金铜矿成因类型探讨. 新疆地质, 19(2): 123~127.
黄崇轲, 白治, 朱裕生, 王惠章, 尚修志. 2001. 中国铜矿床. 北京: 地质出版社, 1~705.
刘敦一, 简平, 张旗, 张福勤, 石玉若, 施光海, 张履桥, 陶华. 2003. 内蒙古图林凯蛇绿岩中埃达克岩 SHRIMP 测年: 早古生代洋壳俯冲消减的证据. 地质学报, 77(3): 317~327.

母瑞身, 田昌烈, 黄明扬, 蔡宏渊, 植起汉, 漆树基, 曹洛华, 王润三. 1998. 西天山金、铜矿地质特征简述. 贵金属地质, 7(1): 1~18.
曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿成矿带: 西藏第二条“玉龙”斑岩铜矿带? 矿床地质, 20(4): 355~366.
沙德铭, 田昌烈, 董连慧. 2003. 西天山中北段铜、金矿床成矿规律初探. 新疆地质, 21(2): 185~189.
王核, 彭省临, 赖健清. 2000. 天山赛里木湖-博罗霍洛地区大地构造演化、分区及成矿. 大地构造与成矿学, 24(4): 295~302.
王见雄. 2004. 新疆西天山汗吉尕多金属成矿带找矿前景分析. 新疆有色金属, 4: 13~14, 17.
王永新. 1997. 新疆伊犁亚板块矿产初探. 新疆有色金属, (2): 1~7.
王志良, 毛景文, 张作衡, 左国朝, 王龙生. 2004. 西天山古生代铜金多金属矿床类型、特征及其成矿地球动力学演化. 地质学报, 78(6): 836~847.
隗合明, 王全庆, 宁晰春. 1999. 西天山北部大地构造背景与成矿关系及找矿预测. 西安工程学院学报, 21(4): 14~18.
张洪涛, 陈仁义, 韩芳林. 2004. 重新认识中国斑岩铜矿的成矿地质条件. 矿床地质, 23(2): 150~163.
张作衡, 毛景文, 王志良, 杜安道, 王龙生, 左国朝, 王见雄, 屈文俊. 2006. 新疆西天山达巴特铜矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测定及其地球动力学意义. 地质论评, 52(5): 683~689.
左国朝, 张作衡, 王志良, 刘敏, 王龙生. 2008. 新疆西天山地区构造单元划分、地层系统及其演化. 地质论评, 54(6): 748~767.
Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, Zhang Z C and Ma G G. 1992. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale. Journal of Geological Society of London. 149: 171~184.
Ludwig, K R. 1991. Isoplot: A plotting and regression program for radiogenic isotope data. USGS Open-File Report. 91~445.
Michell A H G. 1973. Metallogenic belts and angle of dip of Benioff zones. Nature, 245: 49~52.
Sillitoe R H. 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. Economic Geology, 67: 184~197.
Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and process. In: Saunders A D, Norry M J eds. Magmatism in the ocean basins. Geological Society, London, Special Publication, 42: 313~345.
Taylor S R, McLennan S M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell, Oxford.
Williams I S, Caleson S. 1987. Isotope evidence for the Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade parageiss from the Seve Nappes, Scandinavian Caledonides, II. Ion microprobe aircon U-Th-Pb. Contributions to Mineralogy and Petrology, 97: 205~217.
Zhang Zuoheng, Wang Zhiliang, Wang Longsheng, Zuo Guochao. 2008. Metallogenic epoch and ore-forming environment of the Lamasu skarn-porphyritic Cu-Zn deposit, western Tianshan, Xinjiang, NW China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 82(4): 731~740.

Ages and tectonic settings of the volcanic rocks in Dabate ore district in West Tianshan Mountains and their constraints on the porphyry-type mineralization

ZHANG Zuoheng¹⁾, WANG Zhiliang¹⁾, ZUO Guochao²⁾, LIU Min¹⁾,
WANG Longsheng¹⁾, WANG Jianwei³⁾

1) *MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;* 2) *Gansu Geological Survey, Lanzhou, 730000;* 3) *No. 703 Geological Team, Xinjiang Bureau of Geology and Minerals Exploration of Non-ferrous Metals, Yining, Xinjiang, 835100*

Abstract

This paper carried out chemical analysis on the dacite and granite-porphyry and SHRIMP zircon U-Pb dating on rhyolitic porphyry and granite-porphyry from the Dabate ore district and adjacent area. The diagenetic ages of rhyolitic porphyry and granite-porphyry are $315.9 \pm 5.9\text{Ma}$ and $278.7 \pm 5.7\text{Ma}$, respectively. Analysis result of lithochemistry, trace elements, and REE shows that both dacite and granite-porphyry are characterized by distinct differentiation and good inheritance. Accurate dating for volcanic and sub-volcanic rocks provides reliable data to constrain the geodynamic settings and timing of volcanic rock formation. Combined with the Re-Os dating data for mineralization obtained previously, it is concluded that during late Carboniferous to early Permian ($278.7 \pm 5.7\text{Ma}$), the West Tianshan began to the stage of interplate collision and intraplate extension. The emplacement of deep-derived porphyry magma formed oval volcanic apparatus which consists of granite-porphyry, rhyolitic porphyry and rhyolitic breccia welded tuff, and further resulted in the formation of Dabate porphyry copper molybdenum deposit.

Key words: Dabate; volcanic rocks; geochemistry; SHRIMP zircon U-Pb dating; West Tianshan

