第29卷 第4期
Vol.29 No.4

新 疆 地 质
XINJIANG GEOLOGY

2011年12月
Dec.2011

文章编号：1000-8845(2011)04-359-08　　中图分类号：P588.12　　文献标识码：A

阿尔金和东昆仑造山带中酸性侵入岩地质、地球化学特征及地质意义

高永宝[1,2],李文渊[2],李侃[2],张照伟[2],张江伟[2]

(1.长安大学地球科学与国土资源学院,陕西 西安 710054;2.中国地质调查局西安地质调查中心,陕西 西安 710054)

摘 要:据青藏高原北部1∶25万区域地质调查资料,针对阿尔金和东昆仑造山带中主要出露的中酸性侵入岩类岩体地质、岩石地球化学特征进行对比研究,探讨原始古陆系统隶属关系.结果得出:岩体类型、岩石类型组合、成岩时代、岩浆系列、岩浆源岩物性及形成的地球动力学背景均可完全进行对比.认为前晋宁和晋宁期S型花岗岩类,可能是在碰撞造山地球动力学背景下,由成年期TTG陆壳局部或循环熔融形成;加里东和华力西期以I型和A型花岗岩类为主,推测是在一种大陆岩石圈伸展减薄或是大陆裂谷动力学背景下,由地幔基性超基性岩浆上侵引起中下地壳岩石局部熔融产生的一种岩浆作用产物,源区可能是副变质类型榴辉岩相和麻粒岩相下地壳.结合前人研究成果,初步提出阿尔金和东昆仑造山带古老基底同属一个古陆系统.

关键词:阿尔金和东昆仑造山带;中酸性侵入岩;地质特征;地球化学;源区对比;古陆隶属关系

青藏高原北部地区阿尔金和东昆仑两造山带是分割南北中国大陆的主要构造带,也是我国重要成矿区带之一.长期以来,两造山带构造体制或基底古陆系统隶属关系,一直存在较多争议.关于阿尔金造山带有3种不同认识:①认为是祁连加里东造山带西延部分或移置地体[1-3];②认为与塔里木盆地南部基底相同,为塔里木盆地南部基底出露部分[4-7];③认为塔里木盆地可能同柴达木盆地属同一盆地,后被阿尔金走滑断裂分开[8-9].对于东昆仑造山带,邓晋福等认为是柴达木盆地南缘基底出露部分;谈迎等则认为柴达木中央古陆核与盆地同边的山具不同基底结构[10,11].雷永孝等据阿尔金和东昆仑地区新太古—古元古代变火山岩和变泥质岩类成分及物源区特征,提出"塔里木、柴达木、阿尔金和东昆仑在古元古代以前为同一古陆系统"认识[12].除火山岩、沉积泥质岩系外,作为硅铝质上地壳主要物质结构或岩石谱系的中酸性侵入岩,还可据不同造山带产出特征和所反映源区异同性,恢复或建立相关造山带中上地壳物质结构模型,并探讨原始古陆系统隶属关系.本文据青藏高原北部新近完成的1∶25万区域地质调查资料,针对阿尔金和东昆仑造山带中酸性侵入岩地质、地球化学特征进行对比研究,探讨阿尔金和东昆仑造山带原始古陆系统隶属关系.

1 区域地质概况

阿尔金和东昆仑地区基底岩系主体为一套晚太古—古元古代高角闪岩-麻粒岩相深变质岩系[13].在阿尔金地区称阿尔金岩群,东昆仑地区称金水口群白沙河岩组,岩性为部分具TTG和孔兹岩系及含镁铁-超镁铁质变质岩体绿岩建造[14].目前已获得最老年龄值为(2 674±142) Ma[15],属古陆核系统表壳岩系沉积,从中元古代开始至三叠纪.长城系在阿尔金地区称巴什库尔干群,东昆仑地区称小庙岩群,岩性为一套活动陆缘火山裂陷盆地沉积的低角闪岩相-绿片岩相碎屑岩-碳酸盐岩夹火山岩沉积变质岩系,代表最早一期大陆裂解火山沉积作用产物.蓟县系在阿尔金地区称金雁山岩组,在东昆仑地区称狼牙山组,与上覆青白口系和奥陶—志留系均呈不整合接触关系.新元古代青白口系,在阿尔金地区称索里库里群,为一套滨-浅海相碎屑岩-碳酸盐岩-火山沉积岩系,火山岩属"双峰式"组合.在东昆仑地区称丘吉东沟和万保沟岩群,为一套中-浅变质碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩建造.总体上代表两古陆系统另一次重要裂解事件,伴有镁铁-超镁铁质层状杂岩体侵入,上与奥陶系或奥陶—志留

项目资助:中国地质调查局地质大调查项目(1212011121088、1212011121092和1212010911032),国家科技支撑计划项目(2006BAB01A01)共同资助
收稿日期:2011-03-04;修订日期:2011-05-06;作者E-mail:gaoyongbao2006@126.com
第一作者简介:高永宝(1982-),男,辽宁大连人,助理研究员,博士生,从事成矿规律与成矿预测研究工作

万方数据

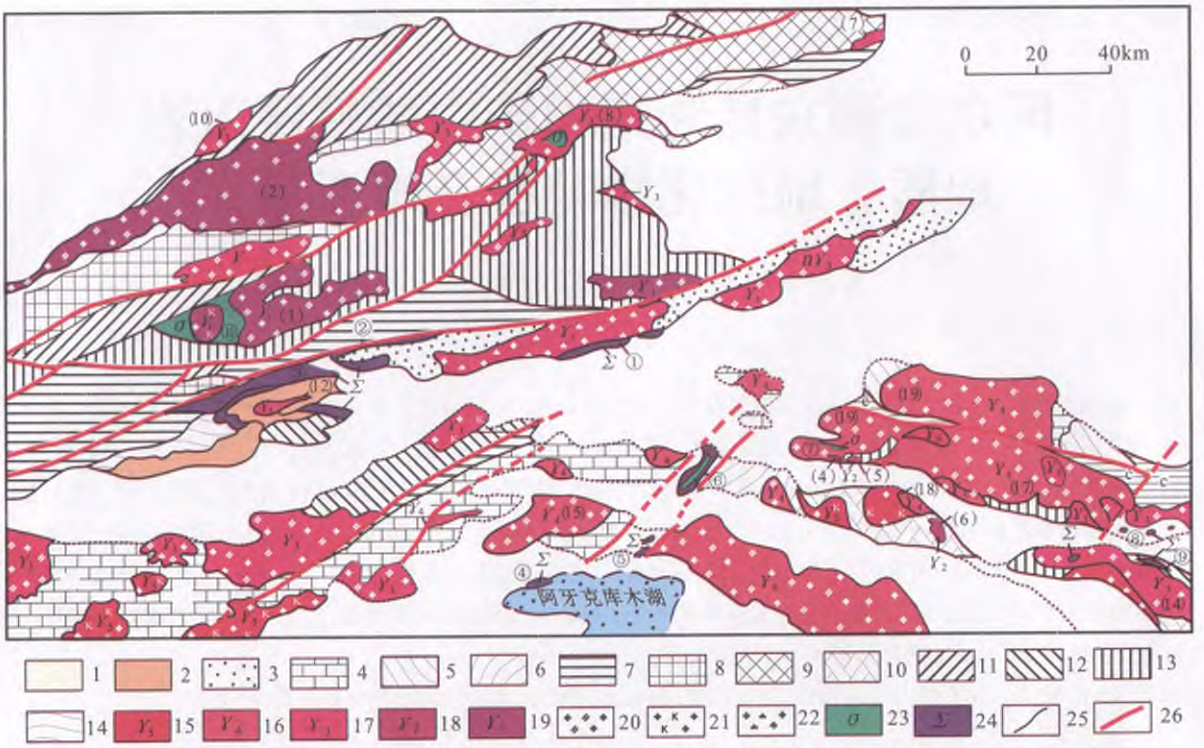

图 1 阿尔金-东昆仑地区主要基性超基性-中酸性侵入岩体分布及地质略图

Fig.1 Geological distributions of basic-ultural basic basic rocks and intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

1.第四系;2.古近系;3.侏罗系;4.志留系白干湖组;5.奥陶—志留系滩间山群;6.奥陶系;7.青白口系索尔库里群;8.蓟县系木孜萨伊组;9.蓟县系金雁山组;10.蓟县系狼牙山组;11.长城系巴什库尔干群;12.长城系小庙群;13.晚太古—早元古代阿尔金岩群;14.早元古代白沙河组;15.印支期花岗岩;16.华力西期花岗岩;17.加里东期花岗岩;18.晋宁期花岗岩;19.前晋宁期花岗岩;20.二长花岗岩;21.钾长花岗岩;22.花岗闪长岩;23.辉长岩、辉长辉绿岩体;24.基性-超基性岩体;25.地质界线;26.断层

基性-超基性岩体编号及名称:①——花泉子岩体;②——清水泉岩体;③——长沙沟岩体;④——黑山岩体;⑤——鸭大板岩体;⑥——鸭子泉岩体;⑦——红土岭岩体;⑧——十字沟岩体群;⑨——库木俄岛拉岩体⑩——英格里克岩体

花岗岩体编号及名称(晋宁—前晋宁期):(1)——硝鲁克-布拉克片麻岩套;(2)——库如克萨依片麻岩套;(3)——哈底勒克序列;(4)——阿喀、滩北山变质侵入体;(5)——黄土泉岩体群;(6)——群峰东侵入体;加里东期:(7)——巴什考供岩体;(8)——苏吾什杰岩体;(9)——其昂里克岩体;(10)——塔特勒克布拉克;(11)——艾沙汗托海系列;(12)——尖石山岩体;(13)——伊涅克阿干;(14)——红柳泉.十字沟序列;(15)——库木拉格岩体群;华力西期:(16)——希热茫崖岩体;(17)——宽沟序列;(18)——喀雅;(19)——祁漫塔格序列

系为不整合或断层接触.早古生代,在东昆仑或阿尔金地区仅发育中上奥陶统和奥陶—志留系,在阿尔金地区称环形山组或祁漫塔格群,东昆仑地区称滩间山群.总体上存在着两种完全不同的沉积构造相:一种是以祁漫塔格群和滩间山群为代表的"双峰式"火山岩套,伴随镁铁质-超镁铁质杂岩体侵入的大陆裂谷火山沉积相;另一种是以白干湖为代表的稳定型台地-浅滩或大陆斜坡沉积相.相比而言,前者常伴随一组 NE 向裂谷系发育而产出,典型的如阿尔金南缘断裂带所代表的青白口—奥陶纪 NE 向裂谷带、以鸭子泉-黑山和红柳沟-十字沟构造混杂岩为代表的东昆仑地区北东裂谷带等,表明阿尔金和东昆仑地区存在又一次重要大陆裂解事件.晚古生代及以后,阿尔金地区基本缺失泥盆系和石炭系,仅零星出露中—下二叠统一套陆相粗碎屑岩沉积.在东昆仑地区上古生界发育较全,从泥盆系可连续到中生代三叠系.总体以一套浅海陆棚-湖坪相碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩建造为特征,标志着完全进入陆内隆升造山演化过程.

2 中酸性侵入体分布特征

阿尔金和东昆仑地区中酸性侵入岩类,除晚太古—古元古代成核阶段岩浆作用,几乎在两造山带不同演化阶段均有岩浆作用事件相伴随,且相对集中于晋宁期(1 000~550 Ma)、加里东期(500~410 Ma)和华力西期(410~250 Ma)等,以加里东期最为强烈(图 1).前寒武纪侵入体主要形成于晋宁和前晋宁期,以岩基状产出为主,次为岩株状,包括阿尔金地区硝鲁克-布拉克(锆石 U-Pb 年龄 1 209 Ma●)、库如克萨依(锆石 U-Pb 年龄 871 Ma●)、哈底勒克(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 575 Ma●)岩体,及东昆仑地区滩北山(锆石 U-Pb 年

● 广西地调院.1:25 万瓦石峡幅区调报告,2003

● 广西地调院.1:25 万瓦石峡幅区调报告,2003

万方数据

龄 831 Ma[●])、黄土泉(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 555 Ma[●])和群峰东(锆石 U-Pb 年龄 550 Ma[●])岩体等.岩体岩石类型主要以花岗闪长岩-二长花岗岩-钾长花岗岩组合为主,多以片麻岩套产出为特征.早古生代或加里东期岩体常呈岩基、岩株和不规则状成带产出,包括阿尔金地区其昂里克(锆石 U-Pb 年龄 529 Ma,全岩 Rb-Sr 等时线年龄 486 Ma[●])、塔特勒克布拉克(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 508.7Ma[●])、苏吾什杰(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 491.3 Ma,^{40}Ar-^{39}Ar 年龄 413 Ma[15])、巴什考供(锆石 U-Pb 年龄 474.3~431 Ma[16])、艾沙托海(锆石 U-Pb 年龄 445 Ma[●])岩体或岩体群等,及东昆仑地区尖石山(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 508 Ma[●])、伊涅克阿干(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 435 Ma[●])、红柳泉-十字沟(锆石 U-Pb 年龄 445~439 Ma[●])、库木拉格(锆石 U-Pb 年龄 425~418 Ma[●])岩体或岩体群.岩石类型组合除长英质钾长花岗岩、二长花岗岩和花岗闪长岩外,中性英云闪长岩、石英闪长岩和闪长岩占相当比例,且部分岩体还出现基性辉长岩、辉石岩和橄榄岩类岩石组合,较典型的如其昂里克、苏吾什杰、玉苏普勒克塔格及十字沟岩体或岩体群等.晚古生代或华力西期岩体仅发育于东昆仑造山带内,以岩基、岩株和带状产出,时限可从泥盆纪—二叠纪,以喀雅(锆石 U-Pb 年龄 407.7Ma[●])、希热茫崖(锆石 U-Pb 年龄 397~320 Ma[●])、宽沟(锆石 U-Pb 年龄 381 Ma,全岩 Rb-Sr 等时线年龄 365 Ma[●])和祁漫塔格(全岩 Rb-Sr 等时线年龄 288 Ma,锆石 U-Pb 年龄 270.9 Ma[●])等岩体或岩体群为代表.主要以闪长岩-石英闪长岩-二长花岗岩类岩石组合为主,部分含少量花岗闪长岩或钾长花岗岩.

综上,阿尔金和东昆仑地区中酸性侵入岩,不但成岩时限大体相同,且在岩石类型组合、产出方式等方面也基本相似或可对比.按前述围岩地层所反映的构造环境,其形成与阿尔金和东昆仑地区 3 次古陆裂解事件密切相关,晋宁和加里东时段还是区内两次镁铁质-超镁铁质层状杂岩体深成岩浆作用峰期时段.

3 岩石地球化学特征及对比

地球化学数据引自 1∶25 万库郎木其提幅区调报告[●]、1∶25 万瓦石峡幅区调报告[●]、1∶25 万且末一级电站区调报告[●]、1∶25 万阿尔金山幅区调报告[●]、1∶25 万阿牙克库木幅区调报告[●]及吴才来[16]等.

3.1 前寒武纪或晋宁—前晋宁期岩体

据岩石化学特征,前寒武纪岩体基本为过铝高钾-钾玄岩系列亚碱性花岗岩类.按 Collins W J 等的分类,钾长花岗岩、二长花岗岩主要为 S 型和 I 型,花岗闪长岩主要为 A 型,英云闪长岩主要为 A 型[17],两地区花岗岩随时代变新,在 Na-K-Ca 图解中,成分具沿钙碱性系列由高钾向钙碱性方向演化的趋势(图 2).稀土元素分布模式具右倾型到舒缓平坦型,负铕异常到弱负铕异常演变关系(图 3),微量元素除普遍以大离子亲石元素 Rb,Ba,Th 富集外,高场强元素 Zr,Hf,Y,Yb 等也具随时代变新亏损程度越来越强的特征(图 3).这种岩石成分随时代演化现象,反映出阿尔金和东昆仑地区从早期挤压造山到晋宁期大陆裂解(Rodinia 大陆)的地壳演化或地球动力学背景转换过程.

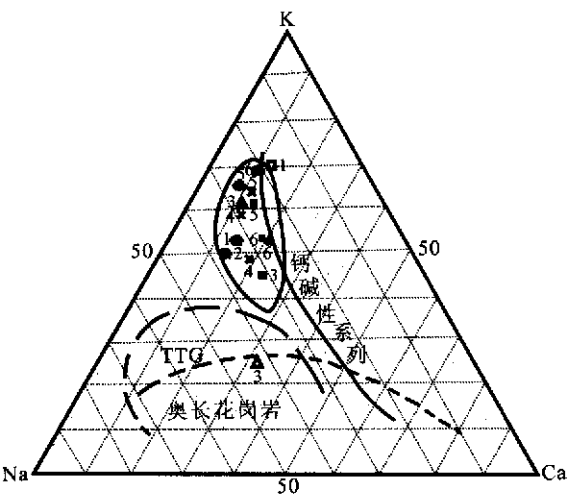

图 2 阿尔金及东昆仑地区前寒武纪中酸性侵入岩岩石 Na-K-Ca 图解[18]

Fig.2 Na-K-Ca figure of Precambrian intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

□——二长斑岩;■——石英二长岩;*——钾长花岗岩;△——英云闪长岩;×——二长花岗岩;+——石英闪长岩

1——滩北山岩体;2——黄土泉岩体;3——哈底勒克岩体;4——群峰东岩体;5——库如克萨依岩体;6——硝鲁克-布拉克岩体

3.2 早古生代或加里东期岩体

据岩石化学特征,早古生代或加里东期岩体为亚碱性岩系,中性闪长岩、石英闪长岩和部分英云闪长岩为偏铝高钾钙碱性系列的 I 型花岗岩类,二长花岗岩、花岗闪长岩和钾长花岗岩则为过铝质高钾-钾玄岩系列的 A-S 型花岗岩[17],并主要以 A 型花岗岩类为主,少量 S 型花岗岩大多出现在一些基性-酸性岩石组合的复式岩体中,岩石多为偏碱性钾长花岗岩类.在 Na-K-Ca 图解中,各类岩石间基本都沿着钙碱性演化趋势线朝偏钙碱性成分方向演化,其间显示出酸性和

● 湖南地调院.1:25 万且末一级电站区调报告,2004
● 青海地调院.1:25 万库郎木其提幅区调报告,2004
● 广西地调院.1:25 万阿尔金山幅区调报告,2003
● 陕西地调院.1:25 万阿牙克库木幅区调报告,2004

万方数据

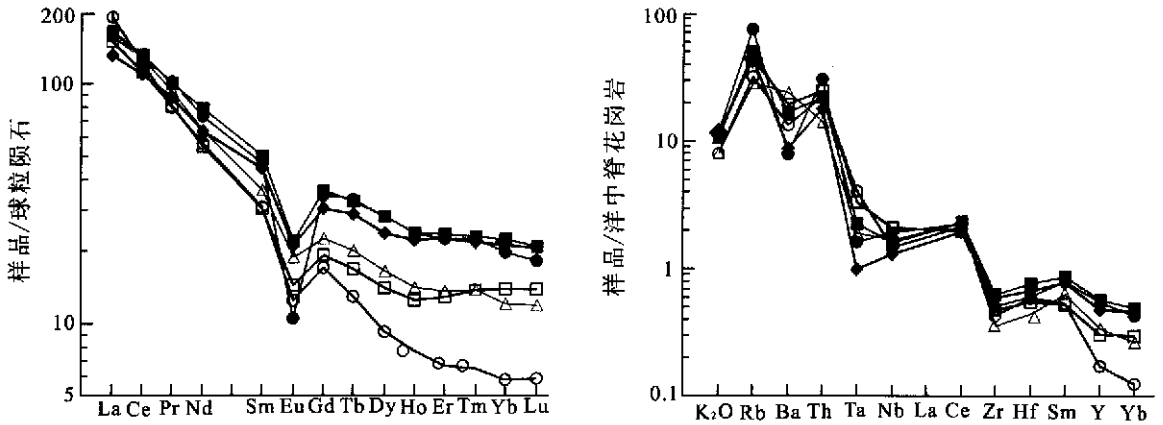

图3 阿尔金及东昆仑地区前寒武纪中酸性侵入岩 REE 分布模式和微量元素蛛网图

Fig.3 REE and rare elements distributions of Precambrian intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

(球粒陨石标准据 Taylor S.R.*et al.*,1985[19];微量元素标准据 Pearce J.A.,*et al.*,1984[20])

◆——滩北山岩体;□——黄土泉岩体;○——哈底勒克岩体;△——群峰东岩体;●——库如克萨依岩体;■——硝鲁克-布拉克岩体

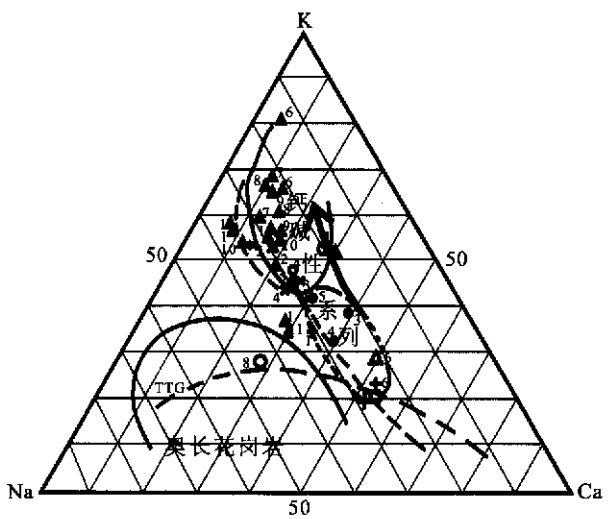

图4 阿尔金及东昆仑地区早古生代(加里东期)中酸性侵入岩岩石 Na-K-Ca 图解[18]

Fig.4 Na-K-Ca figure of early Paleozoic intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

▲——花岗岩;×——二长花岗岩;○——花岗闪长岩;△——英云闪长岩;+——石英闪长岩;●——闪长岩

1——巴什考供岩体;2——库木达坂岩体;3——苏吾什杰岩体;4——鱼目泉岩体;5——玉素甫勒克塔格岩体;6——其昂里克岩体;7——塔特勒克岩体;8——艾沙托海岩体;9——伊涅克阿干岩体;10——十字沟岩体;11——尖石山岩体

中性闪长岩类成分区间性(图 4).这种情况反映在稀土和微量元素地球化学特征上,酸性和中性两类岩石间,除大体都为轻稀土富集右倾型模式和有较明显负铕异常和轻重稀土分馏,及富大离子亲石元素而亏损高场强元素外,其间还显现一种不连续性分馏关系(图 5).特别是在铕异常和轻重稀土分馏关系上,中性闪长岩类负铕异常不明显,而酸性岩类则显得十分突出,轻重稀土分馏似乎不完全遵循酸性岩类相对亏损重稀土和高场强元素而富集大离子亲石元素的分馏趋势.两类岩石间并非完全呈现一种同一岩浆熔体的结晶分异成岩体系.

3.3 晚古生代或华力西期岩体

在岩石化学成分上,晚古生代或华力西期岩体岩石与早古生代或加里东期有某些相似或继承性,存在岩石化学成分分区的两源性.其中石英闪长岩和闪长岩为偏铝质中高钾钙碱性系列 I 型花岗岩,中间不出现造山型 S 型花岗岩组合(图 6).相应在稀土元素和微量元素特征上,基本同早古生代岩体相似.两类岩石间不存在大离子亲石元素与高场强元素间富集和亏损的分馏关系(图 7).

4 分析与讨论

4.1 构造环境或地球动力学背景

Johanes 和 Holg 从岩石相平衡角度提出陆壳形成的 3 个阶段:①由地幔橄榄岩局部熔融形成玄武质壳;②玄武质壳局部熔融产生早期陆壳的 $T_1T_2G_1$ 组合;③T_1T_2 局部熔融产生钾质花岗岩(G_2)上地壳[21].邓晋福等则提出成年期陆壳和克拉通代表的完成大体在新太古代和古元古代的观点[10];邱瑞照等认为中新元古代钾长花岗岩、碱长花岗岩组合,为元古宙增生陆壳碰撞-固结时期产物,属成熟陆壳阶段[22].因此,出现在阿尔金和东昆仑地区的 3 期重要岩浆作用事件,是在古陆成核和克拉通化完成后一种向更成熟陆壳发展增生延续过程.其中,发生于晋宁和前晋宁期的岩浆作用,按岩体类型和时间序列,从岩体类型具随时代变新,由 S-A-I 型或高钾向钙碱性方向演化的趋

万方数据

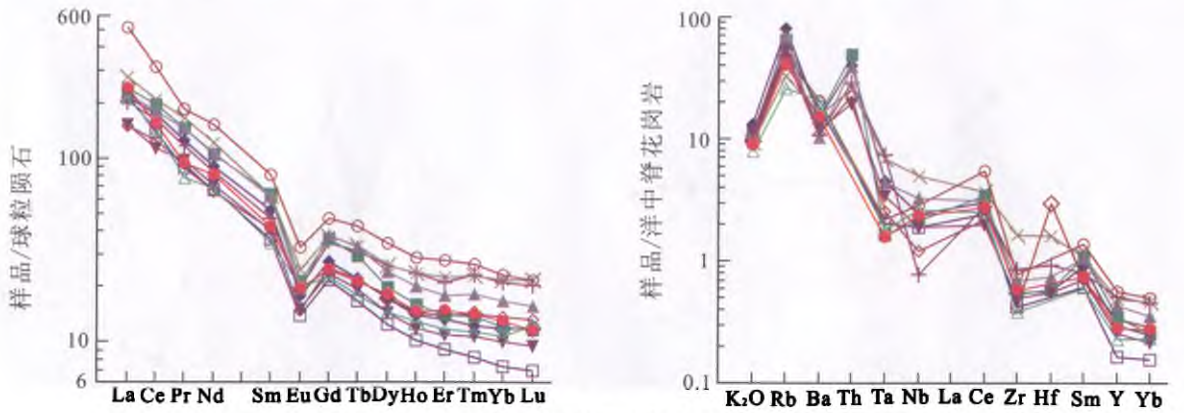

图 5　阿尔金及东昆仑地区早古生代中酸性侵入岩 REE 分布模式和微量元素蛛网图

Fig.5　REE and rare elements distributions of early Paleozoic intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

(球粒陨石标准据 Taylor S.R.et al.,1985[19];微量元素标准据 Pearce J.A.,et al.,1984[20])

◆——巴什考供岩体;□——库木达坂岩体;○——苏吾什杰岩体;△——鱼目泉岩体;●——玉苏普勒格岩体;■——其昂里克岩体;▲——塔特勒克岩体;◇——艾沙托海岩体;▼——伊涅克阿干岩体;+——十字沟岩体;×——尖石山岩体

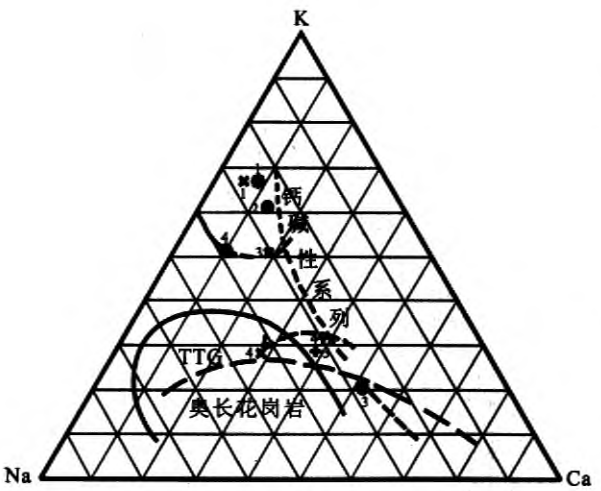

图 6　阿尔金及东昆仑地区晚古生代(华力西期)中酸性侵入岩岩石 Na-K-Ca 图解[18]

Fig.6　Na-K-Ca figure of late Paleozoic intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

*——钾长花岗岩;×——二长花岗岩;+——石英闪长岩;●——闪长岩
1——希热芒崖岩体;2——喀雅岩体;3——宽沟序列岩体;4——祁漫塔格岩体

势性,说明在 1 400~1 000 Ma,阿尔金和东昆仑地区可能同处一种由 T_1T_2 局部熔融形成钾质花岗岩上地壳后,开始进入多旋回或"开合构造"发展演化阶段[23,24].据同位素年代学资料,除中酸性岩浆侵入作用外,还有大量同时或准同时期基性-超基性岩浆侵入事件相伴随.如阿尔金地区英格里克层状基性-超基性杂岩体(1 379 Ma)、木纳布拉克层状基性-超基性杂岩体(1 118 Ma)、长沙沟层状基性-超基性杂岩体(637~792 Ma),东昆仑地区红土岭辉长岩体(1 550 Ma)、黑山堆晶辉长岩体(816 Ma)、库木俄岛拉基性-超基性杂岩(891 Ma)等[14].这种双模式火成岩构造组合,代表阿尔金和东昆仑古陆克拉通化后统一向 Rodinia 大陆多旋回开合构造演化的一种进程,说明此时段的 Rodinia 大陆裂解,实质上是一种大陆裂谷模型.可用韩吟文等提出的"可以由幔源岩浆的烘烤使下地壳部分熔融生成长英质岩浆,与地幔岩浆一起构成不同源的双模式岩套"来解释[25].另一方面,据阿尔金和东昆仑地区高压-超高压变质带及榴辉岩、麻粒岩的发育和产出,及获得的变质年代学资料,Rodinia 大陆汇聚或闭合时限大体应在 527~500 Ma 时段内[26-28].

同样,对早古生代或加里东期时段岩浆作用事件,除中酸性侵入序列岩石明显为以 A-I 型为主,少量 S 型花岗岩类组合,及有大规模基性-超基性岩浆侵入作用相伴随外(如阿尔金地区(500.7±1.9) Ma 的清水泉含 Cu,Ni,Pt(族)层状基性超基性杂岩体,东昆仑 466 Ma 的十字沟基性超基性杂岩体等),单个岩体具基性-中酸性双峰式岩套组合也是该时段岩体重要特征之一,其中以阿尔金地区其昂里克、苏吾什杰、玉苏普勒克萨依和东昆仑地区的尖石山岩体较为典型或具代表性.Condie 曾指出"双峰式组合特征是在一个大火山岩区域内,玄武岩和长英质岩浆(准)同时喷发,中间缺少中性成分的火山岩"[29].邱家骥提出"大陆地区地幔之上有大陆壳,其幔源基性岩浆与壳源的酸性岩浆可成双峰式共生"[29].因此,阿尔金和东昆仑地区加里东时段的岩浆作用,不仅有岩体类型上的双模式,还有岩体岩石类型组合上的双峰式.这种双层性质模式形成,是由地幔岩浆直接上侵,同时使下地壳岩石发生部分熔融生成长英质岩浆,通过不混溶或

万方数据

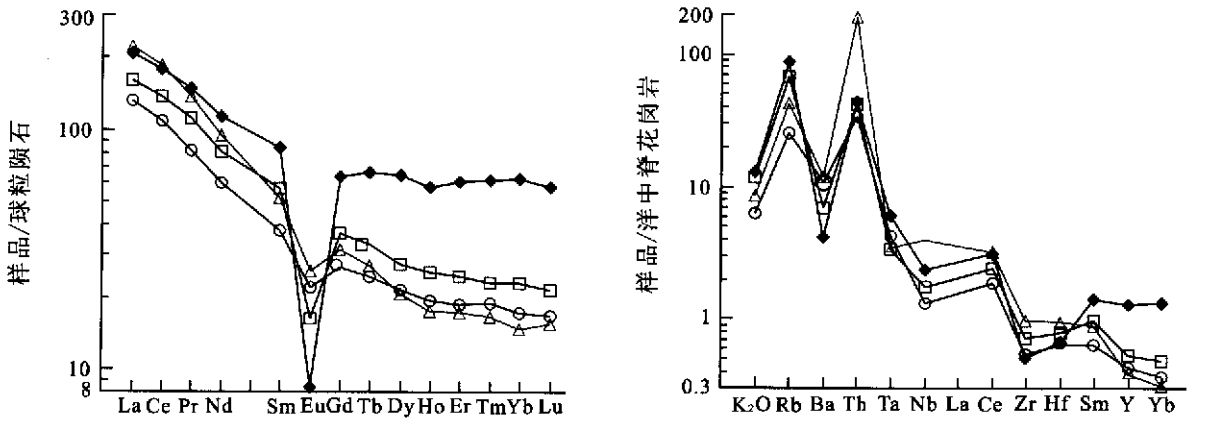

图 7 阿尔金及东昆仑地区晚古生代中酸性侵入岩 REE 分布模式和微量元素蛛网图

Fig.7 REE and rare elements distributions of late Paleozoic intermediate-acid intrusive rocks in Altyn-eastern Kunlun areas

(球粒陨石标准据 Taylor S.R.*et al.*,1985[19]; 微量元素标准据 Pearce J.A.,*et al.*,1984[20])

部分熔融结晶分异两种机制形成[30],其环境与王焰等大陆裂谷或大陆拉张减薄环境双峰模式火山岩特征类似[31].实际上,该时段也是欧亚大陆岩石圈伸展减薄的主要时段,如古亚洲洋、秦祁昆洋的开启等.当然,阿尔金和东昆仑地区岩石圈伸展减薄作用,主要是通过一组 NE 向大陆裂谷作用,如阿尔金南缘断裂带、东昆仑地区鸭子达坂-鸭子泉和红柳泉-十字沟断裂带所代表的NE向裂谷带等.在这些NE向断裂构造带内,不仅有大规模中酸性侵入岩类、基性超基性岩体产出,还有青白口—奥陶纪(滩间山群)双峰式火山沉积建造出现,这种火成-沉积构造相组合关系,也是一种大陆裂谷增生模型.据李荣社等,该时段大陆汇聚作用大体发生于中泥盆世,并认为"中泥盆统布拉克巴什组火山岩是加里东期造山作用末期,挤压环境下火山活动产物,上泥盆统牦牛山组火山岩与磨拉石建造相伴生的板内陆相火山岩,代表加里东构造旋回造山后陆内火山活动产物"[14].产于东昆仑地区华力西时段岩体,除岩体本身岩石化学成分所表现的两源性外,该时段上也有同(准)期的基性岩体侵入和产出,如见于布喀达坂峰的巴音郭勒橄长岩-辉长岩体(386 Ma),形成机制同早古生代或加里东期岩体基本相似,既有地幔基性岩浆直接上侵,也有中下地壳岩石部分熔融形成长英质岩浆上侵的成岩作用.为一种造山后的陆内伸展构造环境,以泥盆纪更晚期的哈尔扎组伸展构造环境下的火山岩发育为标志[14].

4.2 岩源区分析

Pitcher 曾研究花岗岩与构造环境关系,提出"I 型花岗岩与幔壳岩浆作用有关;S 型花岗岩,产于大陆碰撞带,与陆壳泥质沉积岩熔融有关;A 型花岗岩产出造山后及非造山区(裂谷、克拉通),多与深处陆壳熔融残留物再熔及幔源碱性玄武岩浆分异有关"的结论[32].因此,阿尔金和东昆仑造山带成年期陆壳形成后的 3 次重要岩浆作用事件,就中酸性侵入岩类而言,类型上出现的从晋宁和前晋宁期 S-A(I)型向加里东期 I-A(S)和华力西期 A-I 型的演变趋势,基本反映成年期陆壳形成后阿尔金和东昆仑造山带几次重要构造或地球动力学背景转变过程.首先从 S 型花岗岩类分析,据岩石化学成分具过铝质和高钾-钾玄岩系列成分特征,其源区明显是含富铝质沉积岩地壳岩石熔融作用产物.据毛德宝和李荣社等[14,30],出露于阿尔金地区晚太古—古元古代阿尔金岩群和东昆仑地区金水口群,岩性为一套具 TTG 和孔兹岩系组合的角闪岩-麻粒岩相高级变质岩系,这套岩系可能就是晋宁和前晋宁期 S 型花岗岩浆源区所在.这与 Johomes 和 Haltg 从实验岩石学角度提出的"T_1T_2 局部熔融产出钾质花岗岩(G_2)上地壳"或"T_1T_2 或闪长岩再循环达地壳所在深部,经再熔融产生的 G_1G_2 结论一致[10,21].而且,这种陆壳岩石或 T_1T_2 循环熔融事件,同 Loiselle 按构造环境所分的 O 型(Oregenic)花岗岩或 Pitcher 的"大陆碰撞带",邱家骧的"陆-陆碰撞环境"基本吻合[29,33,34].

针对 A 型花岗岩岩浆源区问题,尽管目前还存在多种解释,如 Sylvester 提出的"玄武岩在低压条件下可熔出 A 型花岗岩浆"[32],邓晋福等提出的"A 型花岗岩在下地壳麻粒岩相的条件下,源岩已丢失含水长英质岩浆后再熔产物"等[10].但这种起源于双峰式岩套的长英质岩浆的过铝质高钾-钾玄岩系列的花岗岩类,应以更富钾的安山质岩石作为岩源.据 Oliver Roebi and Jon Blundy[35],这种富钾类型闪长质或安山-玄武

万方数据

安山质岩源的出现,由幔源基性岩系与地壳重熔型岩混合作用所形成,特别是处于早期大陆裂解阶段的幔源岩系底侵作用.这与刘良等对英格利萨片麻状(含)钾长石榴辉岩系源于大陆岩石圈地幔的基性岩系演化分异产物的认识相一致[36].因此,形成高钾钙碱性的 A 型花岗岩壳的源岩,可包括有古老沉积变质岩的一些富榴辉岩相,也可由幔源基性岩系与下地壳重熔岩系混合形成的中性安山质物性层作为源区.另一方面,关于中下地壳高钾钙碱性暗色闪长质包体的原始岩浆的起源,目前实验岩石学资料说明,它既不是地幔橄榄岩部分熔融产生的幔源原生岩浆,也不是玄武质角闪岩脱水局部熔融形成的原生岩浆.按 Niehalls 和 Carmicheal"安山质岩浆可能来源于榴辉岩的局部熔融"的推论[16],构成 A 型花岗岩浆高钾钙碱安山质或闪长质(包体)的岩源,有可能就是榴辉岩相下地壳的局部熔融产物.下地壳榴辉岩相,除一般认为主要由辉长质或玄武质构成外,从柏林等据石榴石的 $Mg/(Mg+Fe^{2+}+Ca)$-Ca 比值特征,将榴辉岩分为幔源型和壳源型两类[37].Ringwood 通过计算提出下地壳由平均成分近于石英闪长岩的榴辉岩相岩石组成的认识[38].另据王惠初等对柴北缘榴辉岩的研究,认为条带状榴辉岩是达肯达坂岩群变质表壳岩系的组成部分,而块状榴辉岩可能是表壳岩变质产物,也可能是基性岩脉变质而成[39].刘良等也曾报道过阿尔金英格利萨依(巴什瓦卡)一带有含钾长石的榴辉岩产出,并推测原岩为板内基性岩与中性火成岩,及"可能是源于大陆岩石圈地幔的基性岩系演化分异的地球化学特征"[40].也就是说,下地壳榴辉岩相,除辉长质和玄武质外,还有富钾的古老沉积变质岩系和一些中性的火成岩系.在阿尔金地区有关榴辉岩产出的报道,最早有且末县南江尕萨依 503~500 Ma 的富镁铝型和富铁型两类榴辉岩,若羌县南英格利萨依含(钾)长石榴辉岩,巴什瓦克高压变质岩片中的花岗片麻岩(856 Ma)内呈包体产出的榴闪岩和冠状退变质榴辉岩,若羌县南瓦石峡地区英格里克层状基性-超基性杂岩体(1 379 Ma)的榴闪岩包体,及阿中地块内阿尔金岩群中的超高压变质带的冠状榴闪岩或榴辉岩等.当然,目前对这些榴辉岩的产出不少研究者均把它作为板块或陆壳深俯冲作用的产物来解释[40-47].值得注意的是,所见榴辉岩(或退变质榴闪岩)大多以包体形式赋存于不同地质体内.有的在层状基性-超基性杂岩体中,有的在不同时代花岗片麻岩古侵入体内.还有在晚太古—古元古代阿尔金岩群的高压-超高压变质带内,且通常同麻粒岩、石榴石二辉橄榄岩、矽线蓝晶石片岩和斜长角闪片麻岩相伴产出,时代可从蓟县纪—早古生代(1 379~500 Ma).特别是产于基性-超基性岩和花岗岩类中的包体,在一定程度上提示它们原本可能就是下地壳榴辉岩和麻粒岩相的部分.据目前资料,除阿尔金地区榴辉岩外,环绕柴达木地块周缘的柴北缘绿梁山、锡铁山、都兰和东昆仑清水泉等地也有榴辉岩产出[45],同样提示柴达木地块的下地壳是榴辉岩或麻粒岩相的.当然,这种下地壳榴辉岩与板块或陆壳深俯冲作用产物的榴辉岩间有什么重要区别或成因关系,还有待进一步补充论证.

阿尔金和东昆仑地区不同时代长英质单元岩石中暗色闪长质包体产出情况说明,作为 A 型花岗岩浆源区的安山岩或玄武安山岩,既不是地幔橄榄岩,也不是玄武质(辉长岩)岩石部分熔融的原生岩浆.这种高钾钙碱性安山质岩浆,可能是包括表壳变质岩系在内的下地壳榴辉岩及早期幔源岩浆与地壳重融岩浆混合产生的安山质结构局部重融的产物,既可形成双峰式岩套的闪长岩和石英闪长岩的 I 型花岗岩类,也可通过分熔作用成为长英质 A 型花岗岩类的岩源.

5 结论

中酸性侵入岩岩体类型、岩石类型组合、成岩时代及由岩石地球化学所反映的岩源区属性和形成构造或地球动力学背景,说明阿尔金和东昆仑两造山带为同一古陆演化系统,或者说包括基性-超基性岩地幔岩石圈在内,两造山带大体都具相似大陆地壳岩石圈物性结构模型.结合一些研究成果资料,认为包括塔里木、柴达木、阿尔金和东昆仑都应属这一古陆系统重要组成部分[10,45,48-50].

致谢:前人在该区辛勤地工作为本文提供了基础资料,李行研究员及审稿人给予了有益的建议,在此表示深切的谢意.

参 考 文 献

[1] 许志琴,杨经绥,姜枚.青藏高原北部的碰撞造山及深部动力学—中法地学合作研究新进展[J].地球科学, 2001,22(01):5-10.
[2] 许志琴,杨经绥,李海兵,等.造山的高原－青藏高原的地体拼合、碰撞造山及隆升机制[M].北京:地质出版社,2006:1-458.
[3] 刘俊来,潘宏勋,任收麦,等.阿尔金断裂双层花状构造的厘定[J].地质科学,2003,38(1):52-59.
[4] 车自成,刘良,孙勇.阿尔金铅、锇、锶、氢、氧同位素研究及其早期演化[J].地球科学,1995,(3):334-337.
[5] 车自成,孙勇.阿尔金麻粒岩相杂岩的时代及塔里木盆地的基底[J].中国区域地质, 1996,15(1):51-57.
[6] 车自成,刘良,罗金海.中国及其邻区区域大地构造学[M].北京:科学出版社,2002:1-369.
[7] 伍跃中,李荣社,王战,等.阿尔金山各边界断裂的归属性[J].地球科学,2007,32(5):662-670.
[8] 刘永江,葛肖虹,叶慧文,等.晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式[J].地球科学,2001,22(1):23-28.
[9] 葛肖虹,刘永江,任收麦,等.对阿尔金断裂科学问题的再认识[J].地球

万方数据

科学,2001,36(3):319-325.
[10] 邓晋福,罗照华,苏尚国,等.岩石成因、构造环境与成矿作用[M].北京:地质出版社,2004:1-381.
[11] 谈迎,刘德良,扬晓勇.试论柴达木盆地基底中央断裂带[J].石油实验地质,2000,22(2):105-109.
[12] 雷永孝,王立社,李慧英,等.阿尔金东昆仑新太古—古元古代火山岩及变质泥岩成分对比及地质意义[J].新疆地质,2010,28(2):142-149.
[13] 胡霭琴,张国新,陈义兵,等.新疆大陆基底分区模式和主要地质事件的划分[J].新疆地质,2001,19(1):12-19.
[14] 李荣社,计文化,杨永成.昆仑山及邻区地质[M].北京:地质出版社,2008:1-400.
[15] 崔军文,唐哲民,邓晋福,等.阿尔金断裂系[M].北京:地质出版社,1999:1-249.
[16] 吴才来,杨经绥,姚尚志,等.北阿尔金巴什考供盆地南缘花岗杂岩体特征及锆石 SHRIMP 定年[J].岩石学报,2005,21(3):846-858.
[17] Collins W J,Beams S D,White A J R,et al.Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia[J].Contributions to Mineralogy and Petrology,1982,80(2):189-200.
[18] Defant M J,Xu Ji-Feng, Kepezhinskas P,et al.Adakites:some variations on a theme[J].Acta Petrologica Sinica,2002,18:129-142.
[19] Taylor S R,McClennan S.The continental Crust: composition and evolution[M].Oxford: Blackwell Scientific Publications,1985:1-312.
[20] Pearce J A,Harris N B W,Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J].Journal of Petrology,1984,25(4):956-983.
[21] Sylvester P J.Post-collisional strongly peraluminous granites[J].Lithos,1998,45:29-44.
[22] 邱照瑞,李文渊,周肃,等.中国西北大陆岩石圈类型、岩石学结构及其意义[J].西北地质,2008,41(2):1-21.
[23] 姜春发.开合构造概述[J].地质通报,2004,23(3):200-207.
[24] 陈哲夫.新疆开合构造与成矿特征的有关问题[J].地质通报,2004,23(3):214-221.
[25] 韩吟文,马振东.地球化学[M].北京:地质出版社,2003:1-370.
[26] 刘良,车自成,王焰,等.阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据[J].科学通报,1998,43(8):880-883.
[27] 陈宣华,Gehrels G,王小凤,等.阿尔金北缘花岗岩的形成时代及构造环境讨论[J].矿物岩石地球化学通报,2003,22(4):10-14.
[28] 张建新,张泽明,许志琴,等.阿尔金西段孔兹岩系的发现及岩石学、同位素年代学初步研究[J].中国科学,1999,29(4):298-305.
[29] 邱家骧.开合构造与岩浆活动[J].地质通报,2004,23(3):222-231.
[30] 毛德宝,王克卓,钟长汀,等.阿尔金成矿带主要成矿系列及其地质特征[J].地质与勘探,2003,39(5):2-6.
[31] 王焰,钱青,刘良,等.不同构造环境中双峰式火山岩的主要特征[J].岩石学报,2000,2:26-30.
[32] Pitcher W S.Granite type and tectonie environment[A].In:Hsu K.J., Editor,Mountain Building Processes[C].London:Academic Press, 1982:19-44.
[33] Roberts M P,Clemens J D.Origin of high-potassium,cale-akkaline, I-type granitoids[J].Geology,1993,21:825-828.
[34] 车自成,刘良,罗金海.中国及其邻区区域大地构造学[M].北京:科学出版社,2002:1-369.
[35] Oliver Roebi,Jon Blundy.A dearth of intermediate melts at subduction zone volcanoes and the petrogenesis of arc andesites[J].Nature,2009, 461:1269-1273.
[36] 刘良,陈丹玲,张安达,等.阿尔金超高压(>7GPa)片麻岩含钾长石榴辉石榴子石出熔单斜辉石的证据[J].中国科学,2005,35(2):105-114.
[37] 从柏林,张雯华.榴辉岩中的石榴石[J].科学通报,1977,8:413-416.
[38] Ringwood.A.E.Composition and Petrology of the Earth's Mantle[M]. New York:McGraw-Hill Book Co.,1975.
[39] 王惠初,袁桂邦,辛后田,等.柴北缘绿梁山地区榴辉岩的产状及其成因意义初探[J].中国地质,2001,28(7):22-28.
[40] 刘良,孙勇,罗金海,等.阿尔金英格利萨依花岗质片麻岩超高压变质[J].中国科学,2003,33(12):1184-1192.
[41] 刘良,车自成,罗金海,等.阿尔金山西段榴辉岩的确定及其地质意义[J].科学通报,1996,41(16):1485-1488.
[42] 中国地质调查局.阿尔金-东昆仑地区区域地质调查成果与进展[J].地质通报,2004,23(1):68-96.
[43] 王永和,校培喜,张汉文,等.苏吾什杰幅地质调查新成果及主要进展[J].地质通报,2004,23(5-6):560-563.
[44] 李江,覃小峰,陈济璞,等.1:25 万瓦石峡幅阿尔金山幅地质调查新成果及主要进展[J].地质通报,2004,15(1):57-63.
[45] 杨经绥,张建新,孟繁聪,等.中国西部柴北缘-阿尔金的超高压变质带榴辉岩及其原岩性质讨论[J].地学前缘, 2003,10(3):292-315.
[46] 王超,刘良,车自成,等.阿尔金南榴辉岩带中花岗片麻岩的时代及构造环境探讨[J].高校地质学报,2006,12(1):74-82.
[47] 张建新,孟繁聪.南阿尔金含假蓝宝石高压基性麻粒岩及其意义[J].科学通报,2005,50(2):69-73.
[48] 伍跃中,李荣社,王战,等.阿尔金山各边界断裂的归属性[J].地球科学,2007,32(5):84-92.
[49] 刘永江,葛肖虹,叶慧文,等.晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式[J].地球学报,2001,22(1):23-28.
[50] Condie K C.Plate tectonies and crustal evolution[M].New York: Pergamon.Press,1997:1-310.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF INTERMEDIATE-ACID INTRUSIVE ROCKS IN ALTYN AND EAST KUNLUN OROGENIC BELT AND THEIR SIGNIFICANCES

GAO Yong-bao[1,2],LI Wen-yuan[2],LI Kan[2],ZHANG Zhao-wei[2],ZHANG Jiang-wei[2]
(1.College of Earth Science and Resources,Chang'an University,Xi'an,Shaanxi,710054,China;
2.Xi'an Center of China Geological Survey,Xi'an,Shaanxi,710054,China)

Abstract: Based on the 1∶250 000-scale regional geological mapping in the north of Qinghai-Tibet Plateau and contrasting the intermediate-acid intrusive rocks in the Altyn and eastern Kunlun orogenic belt, regarding of geology, petrology and geochemistry.The results show that the rock type,assemblage of rock types,rock era,magma series,source of magma and geodynamic setting can be contrasted completely.It is indicated that S-type granite in the former Jinning and Jinnin age was fromed by partial or cyclic melting of adulthood TTG continental crust in the collision geodynamic setting probably,and I and A-type granites in caledonian and variscan, presumably in a thinning of continental lithosphere or continental rift dynamic seting, may be derived from magma which was fromed by partial melting of lower crustal rocks intruded by mafic-ultramafic magma from mantle.The magma may be derived from the lower crust of vice-metamorphic eclogite phase and granulite phase.On the basis,combined with previous research,it is proposed that the basements of the Altyn and East Kunlun orogenic belt belong to the same ancient land system.

Key words: The Altyn and east Kunlun orogenic belt;Intermediate-acid intrusive rocks;Geolochical characteristics;Geochemical characteristics;Comparation of source regions;Membership relation of ancient lands

万方数据

阿尔金和东昆仑造山带中酸性侵入岩地质、地球化学特征及地质意义

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 高永宝， 李文渊， 李侃， 张照伟， 张江伟， GAO Yong-bao， LI Wen-yuan， LI Kan， ZHANG Zhao-wei， ZHANG Jiang-wei

作者单位： 高永宝,GAO Yong-bao(长安大学地球科学与国土资源学院,陕西西安710054;中国地质调查局西安地质调查中心,陕西西安710054)， 李文渊,李侃,张照伟,张江伟,LI Wen-yuan,LI Kan,ZHANG Zhao-wei,ZHANG Jiang-wei(中国地质调查局西安地质调查中心,陕西西安,710054)

刊名： 新疆地质 ISTIC PKU

英文刊名： Xinjiang Geology

年，卷(期)： 2011,29(4)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xjdz201104001.aspx