

# 东昆仑祁漫塔格走廊域晚古生代—早中生代 侵入岩岩石组合及时空格架

王秉璋<sup>1,2</sup> 罗照华<sup>1</sup> 李怀毅<sup>3</sup> 谌宏伟<sup>4</sup> 胡旭莉<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012;  
3. 青海省地质矿产勘查开发局, 青海 西宁 810001; 4. 长沙理工大学, 湖南 长沙 410076)

**摘要:** 基于东昆仑造山带祁漫塔格构造走廊域晚古生代—早中生代侵入岩类的野外地质学、岩石学、时空分布和同位素定年资料, 可以识别出 5 个构造岩浆阶段和 5 个构造岩浆带。研究区的岩浆活动主要集中于早中二叠世阶段、晚二叠世晚期—中三叠世早期、中三叠世、晚三叠世和晚三叠世—早侏罗世。早中二叠世阶段的岩浆活动产物为花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合、石英闪长岩+斑状石英闪长岩组合及闪长岩+石英闪长岩组合, 晚二叠世晚期—中三叠世早期(254.1~240.6 Ma)为(斑状)二长花岗岩+正长花岗岩组合; 中三叠世(安尼期晚期—拉丁初期)为闪长岩+石英闪长岩+花岗闪长岩+英云闪长岩组合; 晚三叠世(212~225 Ma)为石英二长闪长岩+花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩+正长花岗岩组合; 晚三叠世—早侏罗世(瑞替—郝塘期)代表性的岩石组合为石英二长岩+(斑状)正长花岗岩+碱长花岗岩。这些火成岩组合有规律地分布在构造走廊域内, 是揭示东昆仑造山带构造演化的关键所在。

**关键词:** 东昆仑; 祁漫塔格; 晚古生代—早中生代; 侵入岩; 火成岩组合

**中图分类号:** P588.12; P597      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2009)04-0769-14

东昆仑造山带西隔阿尔金断裂带与西昆仑造山带为邻, 东隔秦祁昆岔口与西秦岭相接, 是青藏高原内部可与冈底斯带相媲美的一条巨型构造岩浆岩带<sup>[1]</sup>, 对于探讨中国大陆地质演化具有十分重要的意义。由于该区自然条件恶劣, 地质研究程度相对较低, 有关东昆仑造山带地质演化的问题长期争论不休<sup>[2-9]</sup>。即使对晚古生代—早中生代时期的地质构造演化, 也始终存有不同的认识<sup>[10-18]</sup>。任纪舜等<sup>[9]</sup>认为东昆仑造山带印支造山运动并不是洋盆消失后的陆-陆碰撞造山, 而是陆-陆叠复造山(大陆壳消减造山)作用; 潘桂棠<sup>[3]</sup>、尹福光等<sup>[10-11]</sup>则指出, 泛华夏大陆西南缘的昆仑带在晚古生代到中生代的演化集中表现为多岛弧的形成演化。显然, 问题的焦点在于造山阶段的划分、地球动力学过程及体制, 特别是昆南洋的闭合时间, 即昆南缝合带是华力西期缝合带还是印支期

缝合带的问题。由于东昆仑造山带的关键沉积记录残缺不全, 传统的构造研究方法很难有效地再造造山带的演化历史, 加之显生宙以来东昆仑造山带经历了多次构造事件的叠加, 不仅导致了构造形迹的多期次叠加, 也导致了不同构造阶段构造单元在空间上的相互叠置, 更使东昆仑造山带地质构造演化等特征的研究变得十分困难, 特别是造山过程细部特征的刻划。

一些学者<sup>[12-18]</sup>通过东昆仑造山带火成岩的研究对东昆仑海西—印支期区域构造背景及构造演化做了有益的研究, 初步建立了东昆仑造山带晚古生代—早中生代地质构造演化时空格架的基本轮廓。然而, 这些研究大多基于点、线上的资料, 难于在区域上推广应用。祁漫塔格地区是东昆仑造山带出露宽度最大、地质结构相对完整的地区, 因此, 笔者以

收稿日期: 2008-11-18; 改回日期: 2009-01-24

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200113000059、200113000058), 中国地质调查局计划项目全国矿产资源潜力评价所属工作项目青海省重要矿产资源潜力评价(1212010813028)资助。

作者简介: 王秉璋, 男, 1969年生, 博士生, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查研究; E-mail: wbz6901@126.com。

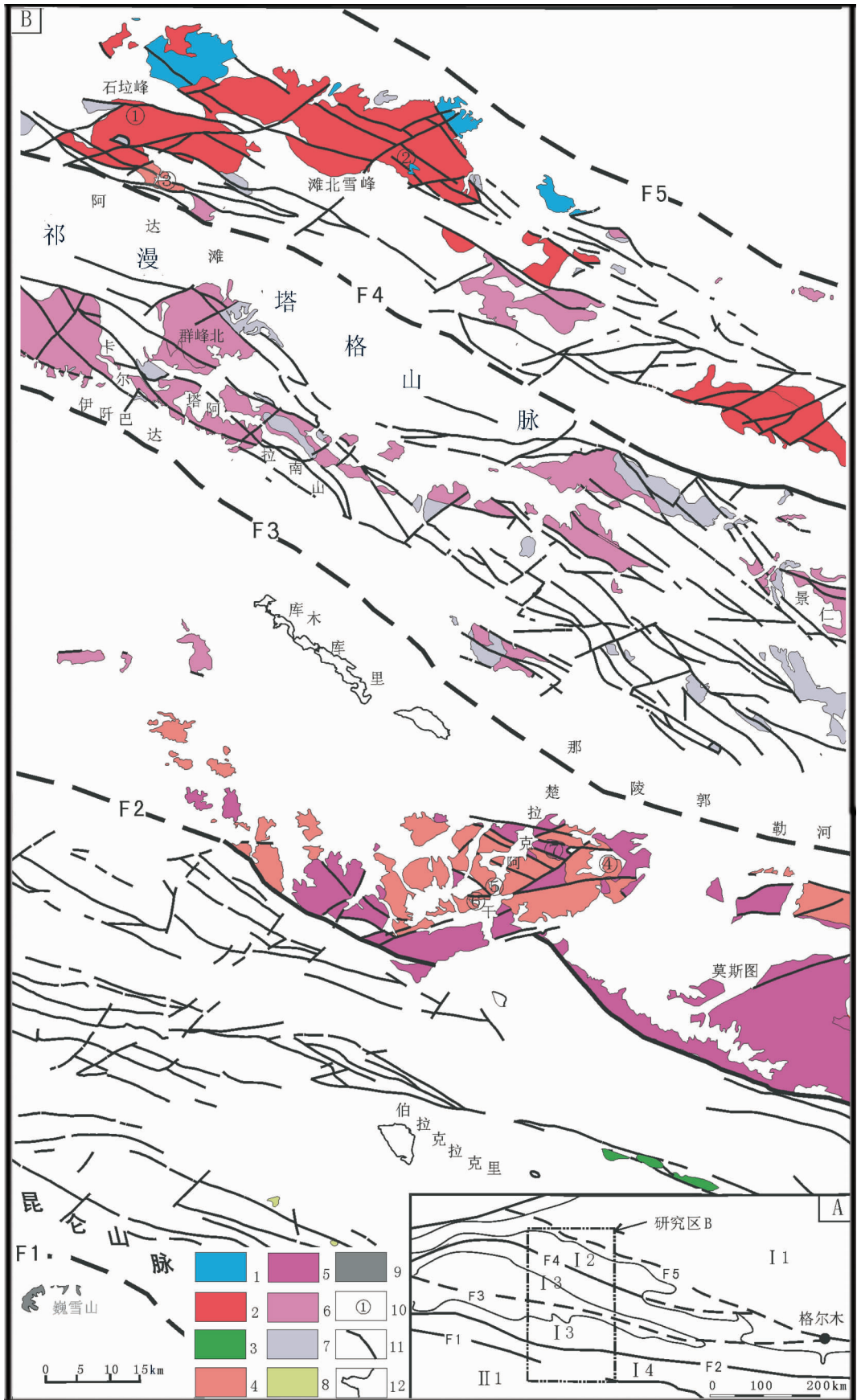


图 1 东昆仑祁漫塔格地区地质简图

1—早中二叠世石英闪长岩+斑状石英闪长岩组合;2—早中二叠世花岗岩闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合;3—早中二叠世闪长岩+石英闪长岩组合;4—晚二叠世—中三叠世(斑状)二长花岗岩+正长花岗岩组合;5—中三叠世闪长岩+石英闪长岩+英云闪长岩+花岗闪长岩组合;6—晚三叠世石英二长闪长岩+花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩+正长花岗岩组合;7—晚三叠世—早侏罗世石英正长岩+(斑状)正长花岗岩+碱长花岗岩组合;8—晚三叠世—早侏罗世石英闪长岩;9—晚三叠世—早侏罗世斑状二长花岗岩;10—同位素测年样品采样及编号;11—断层;12—地质界线;I 1—柴达木陆块;I 2—北祁漫塔格早古生代岩浆弧和祁漫塔格早古生代结合带;I 3—昆仑陆块;I 4—南昆仑俯冲碰撞杂岩带;II 1—玉龙塔格—巴颜喀拉边缘前陆盆地;F1—昆南断裂;F2—东昆中断裂;F3—那陵郭勒河断裂;F4—阿达滩断裂;F5—格尔木隐伏断裂

Fig.1 Geological sketch map of Qimantage area, East Kunlun Mountain

1—Early-Middle Permian quartz-diorite + porphyroid quartz-diorite assemblage;2—Early-Middle Permian granodiorite + monzogranite + porphyroid monzogranite assemblage;3— Early-Middle Permian diorite + quartz-diorite assemblage;4— Late Permian-Middle Triassic monzogranite + porphyroid monzogranite + syenogranite assemblage;5— Middle Triassic diorite + quartz-diorite + tonalite + granodiorite assemblage;6— Late Triassic quartz-monzodiorite + granodiorite + porphyroid monzogranite + syenogranite assemblage;7—Late Triassic - Early Jurassic quartz syenite+porphyroid syenogranite+afgranite assemblage;8— Late Triassic - Early Jurassic quartz-diorite ;9—Late Triassic - Early Jurassic porphyroid monzogranite;10—Sampling point and its serial numer;11—Fault;12—Geological boundary; I 1—Qaidam block; I 2—Juncture between Early Paleozoic north Qimantage magmatic arc and Early Palaeozoic Qimantage suture zone; I 3—Kunlun block; I 4—South Kunlun subduction collision mélange belt; II 1—Yulongtage-Baryan Har marginal foreland basin;F1—South Kunlun fault;F2— Fault belt in the central part of East Kunlun;F3—Nalingguole River fault;F4—Adatan fault;F5— Golmud concealed fault

区域地质调查资料为基础,将祁漫塔格构造走廊域(图 1)作为解剖区,试图通过不同构造岩浆阶段侵入岩类岩石组合的研究阐明东昆仑造山带晚古生代—早中生代地质构造演化的特点。

## 1 地质背景

祁漫塔格构造走廊域北邻柴达木陆块,南抵可西里盆地,从北到南横跨了东昆仑造山带的所有地质构造单元,是东昆仑造山带出露最宽的地区(图 1-A)。按照潘桂棠等<sup>[19]</sup>的划分方案,走廊域由北向南可以划分出 5 个主要构造单元,分别为柴达木陆块(I 1)、北祁漫塔格早古生代岩浆弧及祁漫塔格早古生代结合带(I 2)、昆仑陆块(I 3)、南昆仑俯冲碰撞杂岩带(I 4)、玉龙塔格—巴颜喀拉边缘前陆盆地(II 1)。相应地,区内也存在的 5 条重要的深断裂(图 1),分别为格尔木隐伏断裂(F5,原昆北断裂带北支)<sup>[20]</sup>、阿达滩断裂(F4)、那陵郭勒河断裂(F3,原昆北断裂带南支)<sup>[20]</sup>、东昆中断裂(F2)、昆南断裂(F1)。这些断裂对祁漫塔格地区构造岩浆活动具有明显的控制意义,其中阿达滩断裂位于祁漫塔格山脉中央,该断裂是昆仑陆块的北界断裂,也是祁漫塔格结合带的主断裂;阿达滩断裂与格尔木隐伏断裂之间为祁漫塔格早古生代结合带和北祁漫塔格早古生代岩浆弧,该带以发育槽型下古生界为特征,祁漫塔格早古生代结合带与北祁漫塔格早古生代岩浆弧之间的确切界线是不清楚的;那陵郭勒河断裂西延相当于伊任巴达深断裂,隐于库木库里新生代盆地中,在地

理上它实际上构成了昆仑山脉(本部)与祁漫塔格山脉的分界线,其大地构造分区意义尚不明显,但有一点可以肯定它构成卡尔塔阿拉南山—喀拉克登塔格中生代火山盆地的南界;东昆中断裂与昆南断裂之间为南昆仑俯冲碰撞杂岩带,以发育槽型下古界及石炭、二叠系为特征。

与东昆仑造山带的其他地区一样,走廊域以岩浆活动广泛发育为特征,且明显具有空间上分带,时间上分阶段的特点。空间上可划分出 5 个构造岩浆岩带,阿达滩断裂与格尔木隐伏断裂之间为北祁漫塔格构造岩浆岩带,阿达滩断裂与那陵郭勒河断裂之间为南祁漫塔格构造岩浆岩带,那陵郭勒河断裂与东昆中断裂之间为昆中构造岩浆岩带,东昆中断裂与昆南断裂之间为南昆仑构造岩浆岩带,昆南断裂以南为玉龙塔格—巴颜喀拉构造岩浆岩带。时间上,晚古生代—早中生代构造演化是一个连续的过程<sup>[13]</sup>,构成一个岩浆旋回;根据野外地质观察和同位素测年结果综合分析,走廊域内晚古生代—早中生代岩浆旋回侵入岩类呈脉动式集中形成于 5 个构造岩浆阶段,由老到新分别为早中二叠世构造岩浆阶段、晚二叠世—中三叠世构造岩浆阶段、中三叠世构造岩浆阶段、晚三叠世构造岩浆阶段和晚三叠世—早侏罗世构造岩浆阶段。

## 2 祁漫塔格走廊域早中二叠世花岗岩组合

早中二叠世花岗岩分布于两个地区,分别为祁



漫塔格山脉北坡及南部的伯拉克克里一带。前者大体上相当于北祁漫塔格早古生代岩浆弧带的范围,南界为阿达滩断裂,北部隐伏于柴达木盆地中,为便于叙述,可称此带为北祁漫塔格构造岩浆岩带。后者相当于南昆仑俯冲碰撞杂岩带,可称为南昆仑构造岩浆岩带。

### 2.1 北祁漫塔格构造岩浆岩带

岩体出露规模较大,主体呈岩基状产出,次为岩株状,侵入于古元古代白沙河岩组、奥陶纪滩间山群及石炭纪大干沟组中,特别是与含有大量动物化石的石炭系地层的野外侵入关系非常清楚,形成较宽的砂卡岩化带和角岩化带。岩石类型划分采用国际地科联推荐的火成岩分类命名方案<sup>[21]</sup>(图2),并采用主元素化学分类图解<sup>[22]</sup>进行验证(图3)。在上述基础上结合侵入体空间的分布特征及不同侵入体之间的野外接触关系,可确定该岩带存在两个岩石组合:(1)花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合,(2)闪长岩+石英闪长岩组合。

#### (1) 花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合

该组合在早中二叠世北祁漫塔格构造岩浆岩带内出露面积占有绝对优势,共解体出19个规模不等的侵入体,出露总面积967 km<sup>2</sup>,其中二长花岗岩(占该组合出露面积的19%)及花岗闪长岩(占该组

合出露面积的1.9%),单个侵入体出露面积相对较小,一般为1~30 km<sup>2</sup>,最大为57 km<sup>2</sup>。斑状二长花岗岩多呈岩基状产出,少部分呈岩株状产出,单个侵入体出露面积大,其中石垭峰南侧岩体出露面积达185 km<sup>2</sup>,滩北雪峰岩体出露面积约421 km<sup>2</sup>,景仁北部岩体出露面积约为128 km<sup>2</sup>,因此,该组合是一类富含斑晶的岩体,其中斑状二长花岗岩出露占有绝对优势(占该组合出露面积的79.1%)。斑晶为钾长石,含量一般为8%~15%,最高可达30%;基质矿物成分主要为石英(24%~27%)、条纹长石及微斜条纹长石(2%~40%)、斜长石(22%~39%),An=26;暗色矿物主要为黑云母(2%~5%),个别岩石中含有少量角闪石(2%),基质具中细粒花岗结构。由图2可以看出,该组合实际矿物分类岩性主要为二长花岗岩和花岗闪长岩,如考虑岩石的结构,该组合以(斑状)二长花岗岩为主。在主元素化学分类图解(图3)中,岩石类型与实际矿物分类接近,以花岗岩为主,次为花岗闪长岩。斑状花岗岩中普遍含有暗色微粒包体,局部(剖面中)可见2m宽的包体密集带。包体可分为两类,一类:斑状石英闪长岩,椭圆状、棱角状;另一类为暗色闪长质包体,最大直径2m,一般为2~10cm,浑圆状、透镜状为主,部分为不规则条带状,具被寄主岩浆撕裂的特征。暗色微粒包体具有较明显

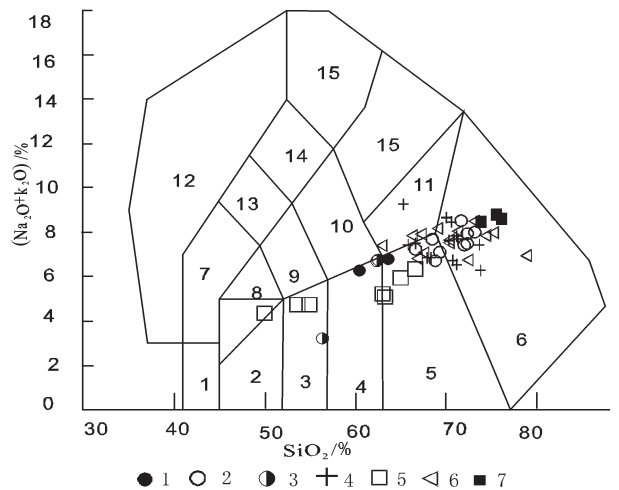
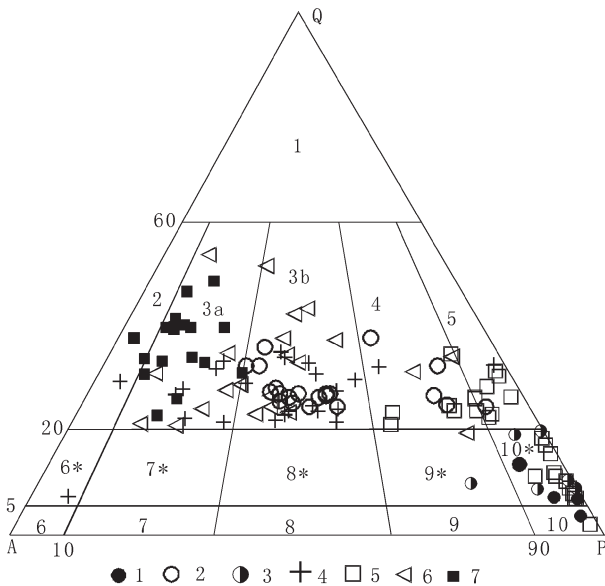


图2 石英(Q)-碱性长石(A)-斜长石(P)三元图解<sup>[21]</sup>  
(图例所代表岩性同图1中1~7对应)

Fig.2 Ternary diagram of Q-A-P (symbols as for Fig.1)

图3 侵入岩主元素分类图解<sup>[22]</sup>  
(图例所代表岩性同图1中1~7对应)

Fig.3 Granite classification based on major elements  
(symbols as for Fig. 1)

的冷凝边,与寄主岩界线清楚。

锆石 U-Pb 法同位素测年工作由中国地质调查局天津地质矿产研究所完成,采用同位素稀释法,锆石的溶解及 U-Pb 的分离在 T.Krogh(1973)的程序基础上做了相应的改进<sup>[23]</sup>,锆石在 0.25 mL 容积的氟塑料容器内用高纯氢氟酸-硝酸溶液溶解,并使用 <sup>208</sup>Pb-<sup>235</sup>U 混合稀释剂,锆石溶解后的样品溶液蒸干后,用硅胶-磷酸溶液将 U 和 Pb 加在同一单铯带灯丝上,在 VG354 型质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行 U-Pb 同位素测定。在灯丝温度为 1300~1400℃时采集 Pb 同位素数据,然后将灯丝温度升至 1450~1500℃时采 U 同位素数据。所有 U-Pb 同位素数据均对质量歧视效应进行校正,实验室全流程铅空白为 0.030~0.050ng, U 空白为 0.002~0.004ng。

该组合中选择斑状二长花岗岩为测年对象,样品采集位置在图 1 中的编号为①,U-Pb 同位素测试结果列于表 1,该样品 1-2、1-3、1-4 号锆石 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄加权平均值为(270.9±0.9)Ma。

(2)石英闪长岩+斑状石英闪长岩组合

该组合出露规模要小,共解体出 8 个侵入体,出露总面积约 121 km<sup>2</sup>。侵入体多呈岩株产出,单个侵入体面积一般为 0.2~22 km<sup>2</sup>,最大为石拉峰北侧岩体,出露面积约 88 km<sup>2</sup>,平面形态多呈不规则椭圆状或条带状产出,长轴多呈北西向,在露头尺度观察到斑状石英闪长岩与花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合中斑状二长花岗之间的接触关系,二者之间存在一个弯曲不平的混染过渡带,接触带斑状二长花岗岩一侧岩体中可以见到石英闪长岩的捕虏体,捕虏体密集成带产出,密集带宽 1~20 m,似构成火成角砾岩带。与典型的火成角砾岩带不同的是石英闪长岩捕虏体不呈现棱角状,而多呈浑圆状,甚至长透镜状,这种特征显示两个组合的形成时代是接近的,并可能存在岩浆混合的一些迹象。因此,这两个岩浆岩岩石组合可能属于同一个岩浆事件的产物。岩石中普遍含有闪长质包体,呈透镜状、团块状、椭圆状,大小一般为 1~20 cm,无规律分布。该组合的

表 1 U-Pb 同位素测定结果  
Table 1 Results of U-Pb isotopic dating

样品情况		浓度		普通铅量	同位素原子比率*					表面年龄 (Ma)			
点号	锆石特征	重量 (ug)	U (ug/g)	Pb (ug/g)	(ng)	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb
岩性: 斑状二长花岗岩, 样品: JD5073													
1-1	浅黄色透明长柱状	15	472	49	0.290	54	0.1205	0.03692 (29)	0.2474 (344)	0.04860 (642)	233.7	224.5	128.4
1-2	浅黄色透明长柱状	10	584	59	0.210	65	0.1359	0.04264 (41)	0.3062 (496)	0.05209 (802)	269.2	271.3	289.5
1-3	浅黄色透明长柱状	10	746	74	0.270	67	0.1288	0.04291 (30)	0.311 (307)	0.05256 (490)	270.9	275.0	310.0
1-4	浅黄色透明长柱状	10	929	71	0.210	100	0.1174	0.04297 (19)	0.2996 (233)	0.05058 (372)	271.2	266.1	221.6
1-5	浅褐色透明短柱状	15	855	64	0.220	128	0.1116	0.04773 (15)	0.3218 (185)	0.04889 (267)	300.6	283.3	142.7
岩性: 斑状石英二长岩, 样品: JD34-1													
2-1	浅黄色透明长柱状	40	236	18	0.140	128	0.2443	0.04515 (25)	0.3238 (255)	0.05202 (387)	284.7	284.8	286.3
2-2	浅黄色透明长柱状	45	205	14	0.100	184	0.2280	0.04502 (35)	0.3159 (258)	0.05088 (392)	283.9	278.7	235.5
2-3	浅黄色透明长柱状	40	177	12	0.085	163	0.2253	0.04491 (50)	0.3245 (233)	0.05240 (351)	283.2	285.3	302.7
岩性: 斑状石英二长岩, 样品: P9JD5-1													
3-1	浅黄色半透明细长柱状	40	789	44	0.310	177	0.1250	0.03979 (8)	0.2848 (54)	0.05191 (93)	251.5	254.5	281.5
3-2	浅黄色透明细长柱状	40	768	40	0.240	225	0.1272	0.03977 (24)	0.2769 (91)	0.05050 (155)	251.4	248.2	218.3
3-3	浅黄色透明长柱状	40	1035	60	0.450	162	0.1369	0.03962 (52)	0.2756 (86)	0.05046 (135)	250.5	247.2	216.2
3-4	浅黄色透明长柱状	40	1377	78	0.570	166	0.1194	0.03962 (12)	0.2778 (73)	0.05086 (126)	250.5	248.9	234.4

注:由天津地质矿产研究所李惠民、左义成测试。<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 已对实验空白(Pb=0.050 ng,U=0.002 ng)及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如:0.03979(8)表示 0.03979±0.00008 (2σ)。

主要造岩矿物含量变化特征见图 2, 矿物主要为石英(5%~8%)、斜长石(74%~79%), 暗色矿物主要为黑云母(3%~16%), 其次为角闪石(4%~7%), 基质具细粒花岗结构, 粒径为 0.05~1 mm。斑状石英闪长岩中斑晶大小在 0.25~12 mm, 集中于 1~4 mm, 成分主要为斜长石(8%±), 次为石英(1%~3%)。岩石分类与实际矿物分类接近(图 3), 但显示出岩石全碱含量较高的特点, 样品点非常靠近二长岩、石英二长岩区。此外, 该图解中也显示石英闪长岩+斑状石英闪长岩组合在主元素成分上似乎与花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩组合呈连续演化的特征。另外, 石英斑晶的出现与鲍文反应序列是矛盾的, 但这些岩石中石英斑晶往往具有自形粒状特征, 为较高压力下结晶的产物<sup>[24]</sup>。

斑状石英闪长岩单颗粒锆石 U-Pb 测年样品采集位置在图 1 中的编号为②, 测试成果列于表 1, 该样品 2-1、2-2、2-3 号锆石 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄统计权重平均年龄为(284.3±1.2)Ma。

## 2.2 南昆仑构造岩浆岩带

分布于东昆中断裂带以南伯拉克拉克里一带, 仅见 4 个侵入体, 出露面积 0.8~8.9 km<sup>2</sup>, 均呈小的岩株状产出。岩体长轴方向以北西西向为主, 与区域构造线方向基本一致。空间上与具有弧特征的早中二叠世中酸性火山岩地层(浩特洛洼组)紧密共生, 似构成弧岩浆带的上铺下垫的结构。该组合中未获得直接测年资料, 据其产出的地质构造背景, 暂时归入早中二叠世。

以 QAP 实际矿物分类(图 2)为主结合主元素分类图解(图 3)可确定该岩带岩石组合为闪长岩+石英闪长岩, 岩石多具中细粒花岗结构, 矿物成分主要为斜长石(74%~82%)、角闪石(3%~13%)、石英(5%~12%), 次为黑云母(3%~5%)、微斜长石(4%~6%), 副矿物主要为磁铁矿、磷灰石、锆石。岩体中几乎不含暗色微粒包体。

## 3 祁漫塔格走廊域晚二叠世—中三叠世花岗岩组合

该组合主要分布于昆仑陆块的南部, 位于那陵郭勒河断裂与东昆中断裂带之间, 为便于叙述可称之为昆中构造岩浆岩带。在研究区北部阿达滩断裂以北地区(即北祁漫塔格构造岩浆岩带)也有少量分布。

岩石以富钾长石为特征, 钾长石主要为微斜长石, QAP 实际矿物分类图解(图 2)反映岩石组合为

二长花岗岩+正长花岗岩。二长花岗岩普遍具似斑状结构, 钾长石(微斜长石)斑晶十分丰富, 含量可达 40%, 粒度一般 3~5 cm, 最大可达 6~7 cm, 基质为中粒花岗结构, 暗色矿物以黑云母为主(1%~8%), 少量角闪石(1%~2%), 岩体中含有少量暗色微粒包体。主元素化学分类(图 3)与实际矿物分类接近。

该岩石组合在昆中构造岩浆岩带内岩体出露规模大, 可解体出 22 个侵入体, 面积约 473 km<sup>2</sup>, 其中二长花岗岩分布零散, 多呈不规则椭圆状形态的岩株状产出, 单个侵入体面积一般为 0.4~36 km<sup>2</sup>; 斑状二长花岗岩以楚拉克阿干岩基为主体, 岩基出露面积约 218 km<sup>2</sup>, 其余岩体呈岩株状产出, 并以楚拉克阿干岩基为核心呈北西向展布。正长花岗岩仅见一个侵入体(出露面积约 56 km<sup>2</sup>), 分布于楚拉克阿干岩基西侧。该岩石组合中斑状二长花岗岩的出露面积占有绝对的优势, 约占该组合出露面积的 63%。因此这也是一类富含钾长石斑晶的组合。

北祁漫塔格构造岩浆岩带内仅见一个岩体, 分布于阿达滩北侧, 出露面积约 15 km<sup>2</sup>, 实际矿物分类结合主元素分类(图 2~3)岩性为斑状石英二长岩。

北祁漫塔格构造岩浆岩带内斑状石英二长岩单颗粒锆石 U-Pb 测年样品在图 1 中的编号为③, 测试成果列于表 1, 该样品 3-1~3-4 号锆石 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 表面年龄统计权重平均为(251.1±0.7)Ma。

昆中构造岩浆岩带内花岗岩采用单矿物 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 测年, 样品在中国原子能科学研究院 49-2 堆照射, 样品照射时间 9 h 37 min, 快中子累计通量 2.077×10<sup>17</sup>, 仪器型号 MM-5400 静态真空质谱仪, 标准样品为北京房山黑云母标准样品(ZBH), 标准样年龄 133.2 Ma。

样品均采自于那陵郭勒河源头一带, 图 1 中④、⑤、⑥对应样品编号为 IIJD3202-1、IIJD2204-1、IIJD2208-1, 所采样品为斑状二长花岗岩, 测试对象均为黑云母, 结果见表 2 和图 4。其中 IIJD3202-1 号样品样重 0.0226g, 照射参数 J 为 0.002341, 坪年龄为(240.6±1.6)Ma, 反等时线年龄为(239.1±8.3)Ma; IIJD2204-1 号样品样重 0.0176 g, 照射参数 J 为 0.002352, 坪年龄为(254.1±1.5)Ma, 反等时线年龄为(256.5±5.5)Ma; IIJD2208-1 号样品样重 0.0142 g, 照射参数 J 为 0.002277, 坪年龄为(247.6±1.4)Ma, 反等时线年龄为(249.0±4.9)Ma。

综合这些样品可以确定该岩石组合的形成时代

表 2 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 阶段升温测年数据  
Table 2 Isotopic data of <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar step heating analysis

温度 (°C)	( <sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>n</sub>	( <sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>n</sub>	( <sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar) <sub>n</sub>	( <sup>40</sup> Ar <sub>g</sub> / <sup>39</sup> Ar <sub>k</sub> ) <sub>n</sub>	<sup>39</sup> Ar (×10 <sup>-8</sup> ccSTP)	<sup>39</sup> Ar (%)	<sup>40</sup> Ar <sub>g</sub> / <sup>40</sup> Ar <sub>g</sub> (%)	视年龄 (Ma)	误差 (Ma)
样号: IIJD3202-1									
600	108.2067	0.314223	28.17398	17.7485	0.003	0.03	17.13	73	103
750	146.9402	0.500203	26.33546	1.0131	0.003	0.04	1.98	4	86
850	9.6827	0.018094	0.046617	4.3658	1.036	12.21	45.79	18.3	1.4
950	70.4267	0.034513	0.27849	60.2567	0.863	10.17	85.73	238.1	3.3
1050	61.7823	0.003522	0.06334	60.7445	1.101	12.99	98.34	239.9	3.3
1100	63.1793	0.004707	0.24796	61.8137	1.345	15.86	97.85	243.8	3.3
1200	61.8916	0.003088	0.05979	60.9816	3.602	42.47	98.54	240.7	3.3
1280	66.8711	0.029358	111.32987	72.5943	0.285	3.36	98.87	283.1	4.1
1480	19.4551	0.049885	0.83722	4.7718	0.244	2.87	25.5	20.0	1.7
IIJD2204-1									
650	199.6516	0.690917	64.74557	0.0727	0.004	0.06	1.35	0.3	197
750	84.5054	0.160098	1.22332	37.3152	0.17	2.9	44.84	152	5
850	79.6608	0.051532	0.23377	64.4572	0.895	15.31	81.15	254.6	3.5
950	66.2092	0.004772	0.14613	64.8124	1.238	21.19	97.91	256.0	3.4
1050	66.5211	0.004998	0.11229	65.0532	1.734	29.68	97.81	256.8	3.5
1150	65.6380	0.004825	0.13446	64.2239	1.429	24.46	97.86	253.8	3.4
1250	67.1908	0.014609	0.75605	62.9610	0.316	5.41	93.73	249.1	3.5
1400	80.1926	0.125091	8.78808	44.1590	0.057	0.97	55.27	178.3	7.9
IIJD2208-1									
620	146.0442	0.336180	0.30544	46.7315	0.186	3.97	32.88	182.42	4.55
720	87.0485	0.076040	0.07227	64.5827	0.907	19.33	74.52	247.50	3.35
800	74.4881	0.032527	0.07127	64.8803	1.289	27.46	87.26	248.57	3.39
880	90.8218	0.090135	0.05305	64.1886	0.457	9.47	71.06	246.09	3.5
960	92.3002	0.095494	0.09084	64.0882	0.441	9.39	69.83	245.73	3.52
1080	73.7579	0.029911	0.05202	64.9207	1.111	23.67	88.17	248.71	3.38
1200	98.6735	0.114222	0.22622	64.9441	0.271	5.79	66.25	248.8	3.67
1400	318.8100	0.943514	2.93923	40.3007	0.03	0.65	13.75	158.38	33.32
IIJD8309-1									
650	789.2529	2.644851	24.47553	9.6189	0.007	0.20	2.49	40	316
800	225.8377	0.619654	12.87446	44.0951	0.048	1.32	20.38	175	17
900	156.5741	0.365509	2.86637	48.8774	0.162	4.51	32.04	192.9	4.1
1000	68.4771	0.056807	1.89416	51.8993	0.680	18.89	75.99	204.2	3.0
1100	55.4828	0.016157	0.89112	50.8031	1.659	46.07	91.61	200.1	2.8
1250	57.3614	0.031922	1.20366	48.0555	0.601	16.69	83.91	189.8	2.7
1400	80.8541	0.097495	3.37553	52.4215	0.444	12.33	65.12	206.1	3.9

注:由中国地质大学(北京)地质实验中心同位素年龄实验室周肃、赖兴运测试,仪器型号:MM-5400 静态真空质谱仪。



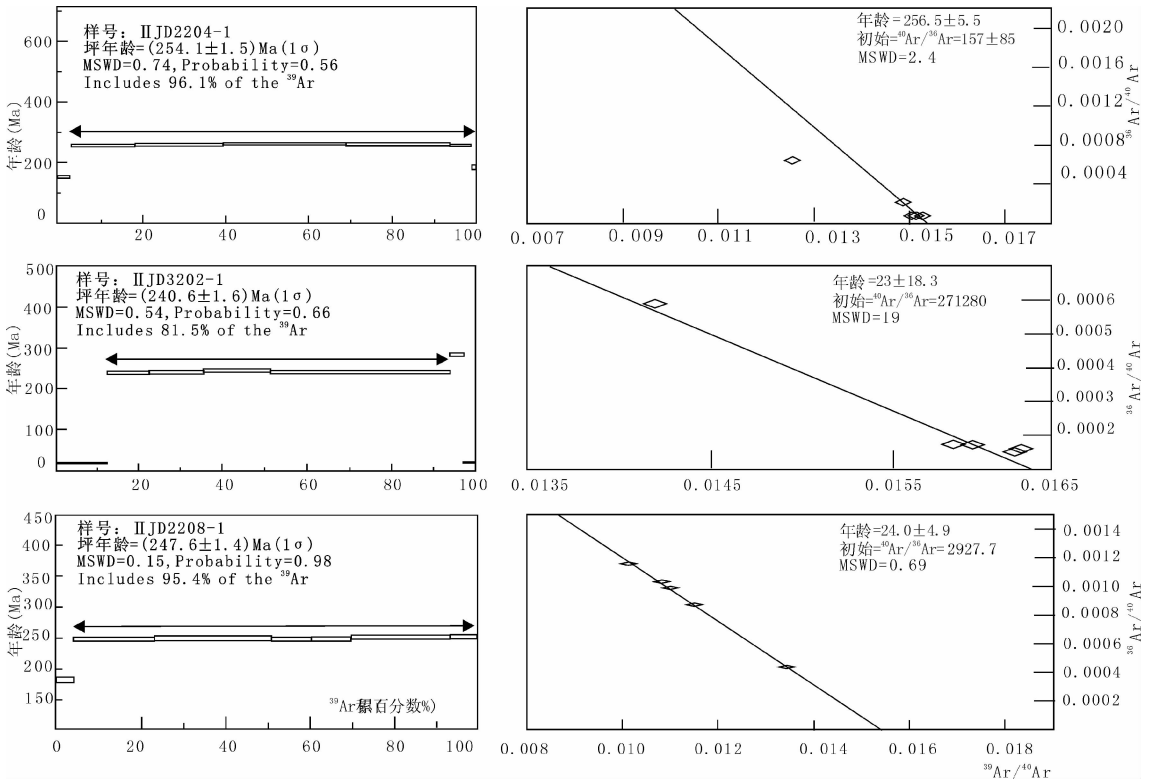


图4 黑云母  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  阶段加热年龄谱和反等时线  
 Fig.4  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  step heating age spectrum and isochron of biotite

范围大致为 240.6~254.1 Ma。相当于晚二叠世晚期—中三叠世早期。

#### 4 祁漫塔格走廊域中三叠世花岗岩组合

走廊域中三叠世花岗岩组合集中分布于昆中陆块南部，花岗岩带夹持于那陵郭勒河断裂与东昆中断裂之间，即昆中构造岩浆岩带。岩带呈北西向展布，共解体出不同规模的 34 个侵入体，出露面积约 718 km<sup>2</sup>，其中闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩均呈规模较小的岩株状产出，单个侵入体面积一般为 0.1~33 km<sup>2</sup>。花岗闪长岩出露占绝对优势，占该组合出露面积的 80%，以莫斯图岩基为主体，该岩基向东延出走廊域，区内出露面积约 408 km<sup>2</sup>，其他岩体呈出露面积 0.8~33 km<sup>2</sup> 的岩株产出，围绕莫斯图岩基北西向展布。暗色微粒包体的发育是该岩石组合最为显著的一个特征，包体分布不均匀，由岩体内部至边部有增多趋势，局部集中现象十分普遍，常成成群分布(图 5)，含量一般在 10~15 个/m<sup>2</sup>，局部达 20~30 个/m<sup>2</sup>，大小不等，形态各异，以椭圆状、圆状、条



图5 花岗闪长岩中暗色微粒包体  
 $\gamma \delta$ -花岗闪长岩;MME-暗色微粒包体  
 Fig.5 Mafic microgranular enclaves of granodiorite  
 $\gamma \delta$ -Granodiorite,MME- Mafic microgranular enclaves

状、不规则状为主，大小一般在 3 cm×5 cm~5 cm×10 cm，最大可见 30 cm×50 cm 的包体。包体与主岩关系截然，局部呈渐变过渡关系。包体多具定向排列，局部可见包体呈旋涡状或同心环状分布。部分包



体边部见有淬火结构,发育宽 1~2 mm 的冷凝边,且沿界线常见针状角闪石定向排列。常见包体被拉断呈条状、串珠状等熔融或塑性状态下的流动变形现象。暗色微粒包体有两种岩性:暗色微细粒闪长质包体、暗色微细粒含斑闪长质包体,以后者居多。含斑闪长质包体基质为微细粒结构,斑晶主要由斜长石构成,少量为角闪石,斜长石呈自形—半自形板柱状,均为中长石( $An=40\sim 45$ ),具环带结构,钠长石双晶发育,角闪石呈自形—半自形柱粒状。

与晚二叠世—中三叠世花岗岩岩石组合不同,该组合是一个贫钾长石的组合。对大量薄片统计,可确定岩石组合为闪长岩+石英闪长岩+英云闪长岩+花岗闪长岩(图 2),与主元素化学分类(图 3)吻合。闪长岩、石英闪长岩暗色矿物主要为角闪石(1%~42%),其次为黑云母(4%~18%),斜长石  $An=33\sim 42$ ,个别样品中含有少量普通辉石;英云闪长岩、花岗闪长岩中暗色矿物主要为黑云母(2%~10%),次为角闪石(1%~8%),斜长石  $An=28\sim 37$ 。

在野外可观察到该组合中的花岗闪长岩与祁漫塔格走廊域晚二叠世—中三叠世花岗岩岩石组合中的斑状二长花岗岩之间为超动式接触关系,二者之间存在有清晰的接触界面,界面附近富含铁镁质微粒包体的花岗闪长岩一侧形成宽约数米的包体密集带,包体顺接触界面定向排列,定向拉长的暗色微粒包体长轴方向也与接触界面是平行的,反映出花岗闪长岩侵入于斑状二长花岗岩中,这一特征是两个时代接近的花岗岩岩石组合区分开来的最主要依据之一。最近王松等<sup>[25]</sup>在那陵郭勒河上游取得了较为可靠的 SHRIMP U-Pb 测年值,样品采自那陵郭勒河上游南部,图 1 中样品编号为⑦,样品岩性为富含暗色微粒包体的花岗闪长岩,时代为(237±2)Ma,为中三叠世早期,从而肯定了这一组合的时代。相似岩性及时代的岩体已在青藏公路以东同一个构造岩浆岩带有较多报道<sup>[26]</sup> ①。

## 5 祁漫塔格走廊域晚三叠世花岗岩组合

相对而言,走廊域晚三叠世侵入岩岩石组合在该地区分布最为广泛,主体相对集中分布于祁漫塔格南坡。为便于论述,将该岩带称为南祁漫塔格构造岩浆岩带,该带位于阿达滩断裂与那陵郭勒河断裂之间,大体沿卡尔塔阿拉南山山脉—喀雅克登塔格山脉展布,其范围也与该带晚三叠世火山岩带大体相当,晚三叠世侵入岩岩石组合与晚三叠世火山岩应属于同一构造岩浆岩带及同一构造岩浆事件的产物。此外,该岩石组合也少量分布在北祁漫塔格构造岩浆岩带及昆中构造岩浆岩带内。相对于前述几个不同时期的岩石组合,该组合岩体出露规模相对要小一些,且分布较为分散,区内共解体出 32 个侵入体,总面积约 705 km<sup>2</sup>,其中石英二长闪长岩仅见一个岩体,分布在群峰北,出露面积约 98.4 km<sup>2</sup>,花岗闪长岩呈小的岩株状产出,侵入体面积为 0.5~6 km<sup>2</sup>。二长花岗岩与斑状二长花岗岩出露面积占绝对优势,约占该组合的 80%。伊任巴达北侧二长花岗岩呈岩基状产出,西延出研究区,区内出露面积约 131 km<sup>2</sup>,其他岩体均呈岩株状产出,侵入体形态不规则,总体长轴方向为北西向,与区域构造线方向具有一致性。岩体中含暗色铁镁质微粒包体,但发育程度要远低于中三叠世组合,大多为浑圆状—一次浑圆状、长条状、不规则状等,呈散状分布。

该组合主要造岩矿物含量有一个较宽泛的变化区间,结合岩石结构,在实际矿物分类图解中(图 2)岩石组合为石英二长闪长岩+花岗闪长岩+(斑状)二长花岗岩+正长花岗岩,与主元素化学分类(图 3)相吻合,岩石中暗色矿物含量低,以黑云母为主(1%~6%),见极少量角闪石(1%~3%)。

区内该组合岩体侵入于晚三叠世鄂拉山组,因此其形成的下限可以确定。莫宣学在祁漫塔格北坡采用 SHRIMP U-Pb 测年在正长花岗岩中获得了

①莫宣学,罗照华,喻学惠,等. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长(原名:东昆仑造山带岩浆混合花岗岩及其填图方法基础研究). 中国地质调查局重大基础研究项目报告, 2005.

(212.1±3.3)Ma<sup>①</sup>的年龄值,新近开展的1:5万区域矿产地质调查工作<sup>②</sup>在该岩石组合中取得了一组单颗粒锆石TIMS法测年值,其中二长花岗岩获得年龄为(214.2±1.3)Ma,正长花岗岩U-Pb年龄为(225.2±1.2)Ma。根据这些资料,可以大体确定走廊域晚三叠世花岗岩组合形成时间为212~225Ma。

## 6 祁漫塔格走廊域晚三叠世—早侏罗世花岗岩组合

晚三叠世—早侏罗世侵入岩岩石组合分布非常广泛,但岩体出露规模均较小,具有后造山小岩体群的特征。根据空间展布特征及岩性特征可分为3个地带:即那陵郭勒河断裂以北的祁漫塔格地区,相当于前文所指的北祁漫塔格构造岩浆岩带与南祁漫塔格构造岩浆岩带;研究区中南部地区,即南昆仑构造岩浆岩带;研究区西南部昆南断裂以南也有极少量分布,可称之为巴颜喀拉构造岩浆岩带,该岩带在走廊域西南侧魏雪山一带少量分布,特征尚不清楚,本文暂不论述。

### 6.1 祁漫塔格地区(南、北祁漫塔格构造岩浆岩带)

该阶段侵入岩岩石组合在该带分布最为广泛,共解体出32个侵入岩,总面积约261km<sup>2</sup>,岩体多呈不规则状、椭圆状或条带状岩株状产出,单个侵入体面积为0.8~20km<sup>2</sup>,个别岩体在50km<sup>2</sup>左右。岩体明显侵入于晚三叠世鄂拉山组,与晚三叠世花岗岩组合呈超动接触关系。岩体中含有少量暗色微粒包体。研究区景忍一带中细粒正长花岗岩(采样点在景仁东侧研究区外约2km)中获得锆石SHRIMP U-Pb定年为(204.1±2.6)Ma<sup>[27]</sup>。

实际矿物分类(图2)结合主元素岩石化学分类图解(图3)所反映的岩石组合为石英正长岩+(斑状)正长花岗岩+碱长花岗岩。花岗岩中暗色矿物主要为黑云母(1%~6%),其次为少量的角闪石(仅见于少量样品中)。另外,部分样品中可见有少量的萤石,显示岩石中高氟的特点。

该组合中的一些岩性如正长花岗岩与晚三叠世花岗岩组合不太好区别,因同位素测年不可能涵盖

所有的侵入体,因此已有的各类地调项目中经常将二者混在一起。本次研究工作除了考虑本组合与晚三叠世组合岩体产状差异等特征外,也考虑了岩石地球化学特征的显著差异,本文对这一问题暂不展开论述,只将二者岩石地球化学的明显差异做简单的说明。晚三叠世—早侏罗世组合花岗岩具有异常低的 $\delta\text{Eu}$ 值,为 $0.03\times 10^{-6}\sim 0.08\times 10^{-6}$ ,比晚三叠世组合低出了一个数量级;Sr的丰度也明显低于晚三叠世组合,为 $17\times 10^{-6}\sim 26.24\times 10^{-6}$ ;Yb丰度较高,为 $3.5\times 10^{-6}\sim 8.32\times 10^{-6}$ 。因此,可以将祁漫塔格走廊域晚三叠世—早侏罗世花岗岩组合特征简单地概括为分散的小岩株状产出,具异常低的Sr含量和 $\delta\text{Eu}$ 值、以及高的Yb含量。

### 6.2 南昆仑构造岩浆岩带

分布于东昆仑南坡,该带相当于南昆仑俯冲碰撞杂岩带,位于昆中断裂与昆南断裂之间的区域。岩性单一,仅见细粒石英闪长岩,由4个小岩株组成,沿昆仑山脉主脊线状展布,各侵入体地表出露面积小,0.5~2km<sup>2</sup>,形态较规则,均呈近等轴状的圆形、椭圆形,长轴方向北西西向,与区域构造线方向一致。侵入于早中二叠世马尔争组中。岩石中不含暗色

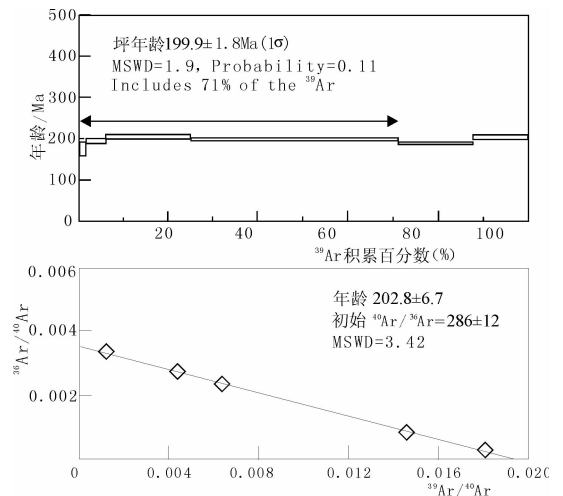


图6 斜长石<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar阶段加热年龄谱和等时线  
Fig.6 <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar step heating age spectrum and isochron of plagioclase

①莫宣学,罗照华,喻学惠,等.东昆仑造山带花岗岩及地壳生长(原名:东昆仑造山带岩浆混合花岗岩及其填图方法基础研究).中国地质调查局重大基础研究项目报告,2005.

②青海省地质调查院.青海省格尔木市那陵郭勒河中游(J46E019008 J46E019009 J46E019010 J46E020010 J46E020011 J46E020012)6幅1:5万区域矿产地质调查报告,2008.

统(世)	阶(期)	年龄 (Ma)	北祁漫塔格构造岩浆岩带	南祁漫塔格构造岩浆岩带	昆中构造岩浆岩带	昆南构造岩浆岩带	巴颜喀拉构造岩浆岩带
T <sub>3</sub>	辛涅缪尔阶	189.6					
	赫塘阶	196.5					
	瑞替阶	199.6				δo	πηγ
	诺利阶	203.6	ηo+ξγ+πξγ+χργ				
	卡尼阶	216.5		ηδo+γδ+ηγ+πηγ+ξγ			
T <sub>2</sub>	拉丁阶	228.0					
	安尼阶	237.0			δ+δo+γδo+γδ		
T <sub>1</sub>	奥伦尼克阶	245.0			ηγ+πηγ+ξγ		
	印度阶	249.7					
P <sub>3</sub>	长兴阶	251.1					
	吴家坪阶	253.8	πηo				
	卡匹敦阶	260.4					
P <sub>2</sub>	沃德阶	265.8					
	罗德阶	268.0					
	空谷阶	270.6				δo	
P <sub>1</sub>	亚丁斯克阶	275.6	γδ+ηγ+πηγ δo+πδo			δ	
		284.4					

图 7 祁漫塔格地质走廊域侵入岩岩石组合时空分布特征

δ—闪长岩; δo—石英闪长岩; γδo—英云闪长岩; γδ—花岗闪长岩; ηγ—二长花岗岩; πηγ—似斑状二长花岗岩; ξγ—正长花岗岩; πξγ—斑状正长花岗岩; χργ—碱长花岗岩; ηo—石英二长岩; ηδo—石英二长闪长岩; πηo—似斑状石英二长岩

Fig. 7 Temporal and spatial distribution of the intrusive assemblage in Qimantage geological corridor  
 δ—Diorite; δo—Quartz diorite; γδo—Conalite; γδ—Granodiorite; ηγ—Monzonitic granite; πηγ—Porphyritoid monzonitic granite; ξγ—Orthoclase granites; πξγ—Porphyritoid orthoclase granites; χργ—Alkali feldspar granite; ηo—Quartz monzonite; ηδo—Quartz monzodiorite; πηo—Porphyritoid quartz monzonite

包体,定向组构不发育。

南昆仑构造岩浆岩带花岗岩也采用单矿物<sup>40</sup>Ar—<sup>39</sup>Ar 测年,结果见表 2 和图 6,采样位置在图 1—B 中的编号为⑧,对应的样品编号为 IIJD8309—1,测试对象为斜长石,样重 0.0428g,照射参数 J 为 0.002309,坪年龄为(199.9±1.8)Ma,反等时线年龄为(202.8±6.7)Ma。

## 7 结果与讨论

将祁漫塔格走廊域花岗岩类岩石组合按其发育的时间段及空间分布规律置于国际地层表<sup>[28]</sup>(图 7),

可以清楚地看出,祁漫塔格走廊域晚古生代—早中生代地质演化阶段岩浆作用十分强烈,花岗岩在时间上呈脉动式集中形成于 5 个阶段,可以划分出 5 个构造岩浆阶段,由老到新分别是早中二叠世构造岩浆阶段、晚二叠世—中三叠世构造岩浆阶段(长兴期—安尼期)、中三叠世构造岩浆阶段(安尼期晚期—拉丁初期)、晚三叠世构造岩浆阶段(卡尼期)、晚三叠世—早侏罗世构造岩浆阶段(瑞替期—赫塘期)。这 5 个构造岩浆阶段在时间上近于连续,但不同阶段岩石组合差异明显,是同一岩浆旋回不同地球动力学背景下的产物。

虽然 5 个构造岩浆阶段不同岩石组合空间分布各具特征,但总体上的分带性仍具有一定的规律性,图 1 中所示的 5 条断裂对岩浆活动的控制意义是很明显的,以这 5 条断裂为界可以划分出 5 个构造岩浆岩带,即北祁漫塔格构造岩浆岩带、南祁漫塔格构造岩浆岩带、昆中构造岩浆岩带、昆南构造岩浆岩带、巴颜喀拉构造岩浆岩带。图 7 中清楚地展示了不同类型花岗岩岩石组合的时空分布规律。

笔者暂不论述上述各侵入岩岩石组合形成的地球动力学背景,仅通过这些岩石组合在祁漫塔格时间、空间分布规律特征做一些推论。早中二叠世阶段的 3 个组合的分布是有规律的,即靠近昆南断裂为闪长岩+石英闪长岩组合,远离俯冲带则以富含钾长石的组合为主,这似反映了昆南洋盆的俯冲极性。从岩石组合的演化特征来初步分析,早二叠世→早三叠世似反映了一个陆缘弧的逐渐成熟过程(即地壳成熟度和地壳厚度的增加),但这个演化趋势在中三叠世(安尼期晚期—拉丁初期)被一个类似于 TTG 岩套的富含铁镁质暗色微粒包体的岩石组合替代,这个岩石组合形成时间较短,但却是爆发的,显然这一组合与洋陆俯冲应当是无关的,这一反序的演化过程可能是祁漫塔格走廊域最为显著的一个特征,这一特征可能对揭示东昆仑晚古生代—早中生代洋陆转换过程的动力学机制有重要意义,因为,既然早三叠世末期陆缘弧已趋于成熟,那么接下来的岩石组合应当出现与陆陆碰撞相关的强过铝花岗岩组合,而不是这样一个富含铁镁质微粒包体的岩石组合。从整个祁漫塔格走廊域各时代、各岩带花岗岩岩石组合特点来看,富钾长石的中高钾岩石组合占有绝对优势。

**致谢:**中国地质大学(北京)地质实验中心同位素年龄实验室周肃、赖兴运帮助完成单矿物  $^{40}\text{Ar}$ — $^{39}\text{Ar}$  同位素测年工作,天津地质矿产研究所李惠民、左义成帮助完成了 U—Pb 同位素测年工作,中国地质科学院矿产资源研究所丰成友研究员、青海省地质调查院安勇胜工程师提供了最新的测年成果,在此一并致以最真诚的谢意。

### 参考文献(References):

[1] 莫宣学, 罗照华, 邓晋福, 等. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长[J]. 高校地质学报, 2007,13(3):403-414.

Mo Xuanxue, Luo Zhaohua, Deng Jinfu, et al. Granitoids and crustal growth in the East-Kunlun orogenic belt [J]. Geological Journal of China Universities, 2007,13(3):403-414(in Chinese with English abstract).

[2] 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 昆仑开合构造[M]. 北京:地质出版社, 1992:101-217.

Jiang Chunfa, Yang Jingsui, Feng Binggui, et al. Opening-closing Tectonics of Kunlun Mountains [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1992:101-217 (in Chinese).

[3] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京:地质出版社, 1997:28-101.

Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, et al. Geological - Tectonic Evolution in the Eastern Tethys [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1997:28-101(in Chinese with English abstract).

[4] 任纪舜. 中国及邻区大地构造图(1:5 000 000) [M]. 北京:地质出版社, 1999.

Ren Jishun. Tectonic Map of China and Adjacent Regions (1:5000 000) [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1999 (in Chinese).

[5] 任纪舜, 肖黎薇. 1:25 万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱[J]. 地质通报, 2004, 23(1):1-11.

Ren Jishun, Xiao Liwei. Lifting the mysterious veil of the tectonics of the Qinghai-Tibet Plateau by 1:250000 geological mapping [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23 (1):1-11 (in Chinese with English abstract).

[6] 殷鸿福, 张克信. 东昆仑造山带的一些特点 [J]. 地球科学, 1997, 22(4):339-342.

Yin Hongfu, Zhang Kexin. Characteristics of the eastern Kunlun orogenic belt [J]. Earth Science, 1997, 22 (4):339-342 (in Chinese with English abstract).

[7] 潘裕生, 文世宣, 孙东立, 等. 喀喇昆仑山-昆仑山地区地质演化 [M]. 北京:科学出版社, 2000.

Pan Yushen, Wen Shixuan, Sun Dongli, et al. The Geological Evolution of the Karakorum and Kunlun Mountains [M]. Beijing: Science Press, 2000(in Chinese).

[8] 姜春发, 王宗起, 李锦铭, 等. 中央造山带开合构造 [M]. 北京:地质出版社, 2000:1-154.

Jiang Chunfa, Wang Zongqi, Li Jinyi, et al. Open-Close Tectonics in the Central Orogenic Belt [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2000:1-154(in Chinese with English abstract).

[9] 任纪舜. 昆仑-秦岭造山系的几个问题[J]. 西北地质, 2004, 37(1):1-5.

Ren Jishun. Some problems on the Kunlun-Qinling orogenic system [J]. Northwestern GeoLogy, 2004, 37 (1):1-5 (in Chinese with English abstract).

[10] 尹福光, 潘桂棠, 李兴振. 昆仑多岛弧盆系及泛华夏大陆的增生 [J]. 大地构造与成矿学, 2003, 27(1):22-28.

Yin Fuguang, Pan Guitang, Li Xinzhen. Multi-arc-basin system of Kunlu orogenic belt and the Pan-Carthaysian continental accretion [J]. Geotectonical et metallogenia, 2003, 27 (1):22-28(in Chinese



- with English abstract).
- [11] 尹福光, 潘桂棠. 东昆仑西段晚古生代盆地系 [J]. 地球学报, 2008, 29(1):31-38.
- Yin Fuguang, Pan Guitang. The late Paleozoic basin system in the western part of east Kunlun [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2008, 29 (1):31-38(in Chinese with English abstract).
- [12] 邓晋福, 杨建军. 格尔木—额济纳旗断面走廊域火成岩构造组合与大地构造演化[J]. 现代地质, 1996, 10(3):330-343.
- Deng Jinfu, Yang Jianjun. Igneous petrotectonic assemblages and tectonic evolution along the Golmu—Ejinaqi geological transect [J]. *Geoscience*, 1996, 10(3):330-343(in Chinese with English abstract).
- [13] 罗照华, 邓晋福, 曹永清, 等. 青海省东昆仑地区晚古生代—早中生代火山活动与区域构造演化[J]. 现代地质, 1999, 13 (1):51-56.
- Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Cao Yongqing, et al. Volcanism and regional tectonic evolution during late Paleozoic—early Mesozoic period in the East—Kunlun, Qinghai Province [J]. *Geoscience*, 1999, 13 (1):51-56 (in Chinese with English abstract).
- [14] 罗照华, 柯珊, 曹永清, 等. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动 [J]. 地质通报, 2002, 21(6):292-297.
- Luo Zhaohua, Ke Shan, Cao Yongqing, et al. Late Indosinian mantle—derived magmatism in the East Kunlun [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (6):292-297 (in Chinese with English abstract).
- [15] 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 等. 青藏东昆仑晚古生代末—中生代中酸性火成岩与陆内造山过程[J]. 现代地质, 1998, 12 (3):344-352.
- Guo Zhengfu, Deng Jinfu, Xu Zhiqin, et al. Late Palaeozoic Mesozoic intracontinental orogenic process and intermediate—acid igneous rocks from the Eastern Kunlun Mountains of northwestern China [J]. *Geoscience*, 1998, 12 (3):344-352 (in Chinese with English abstract).
- [16] 袁万明, 莫宣学, 喻学慧, 等. 东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录[J]. 地质论评, 2000, 46 (2):203-211.
- Yuan Wanming, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, et al. Geological records of the regional tectonic environments during the Indo Chinese period within granites in the East—Kunlun [J]. *Geological Reviews*, 2000, 46 (2):203-211(in Chinese with English abstract).
- [17] 王岳军, 沈远超, 林舸, 等. 中昆仑花岗岩类岩石地球化学特征的初步研究[J]. 大地构造与成矿学, 1999, 23(3):210-221.
- Wang Yuejun, Shen Yuanchao, Lin Ge, et al. Preliminary geochemical research of granitoids in the central Kunlun [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 1999, 23 (3):210-221 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王岳军, 林舸, 沈远超, 等. 中昆仑北部古生代构造岩浆作用及其演化[J]. 地球学报, 1999, 20 (1):1-9.
- Wang Yuejun, Lin Ge, Shen Yuanchao, et al. Paleozoic tectonomagmatism in the northern ventral Kunlun mountains and its evolution [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 1999, 20 (1):1-9(in Chinese with English abstract).
- [19] 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(11):701-707.
- Pan Guitang, Li Xingzhen, Wang Liquan, et al. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai—Tibet Plateau and its adjacent regions [J]. *Geological bulletin of China*, 2002, 21 (11): 701-707 (in Chinese with English abstract).
- [20] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991:1-662.
- Qinghai Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources. *Regional Geology of Qinghai Province* [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1991:1-662 (in Chinese with English abstract).
- [21] Le Maitre R W, Bateman P et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms [J]. Blackwell, Oxford, 1989.
- [22] Middlemost E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system [J]. *Earth Science Reviews*, 1994, 37(3/4):215-224.
- [23] 李惠民, 李怀坤, 陆松年, 等. 用矿脉中热液锆石 U—Pb 定年确定东坪金矿的成矿时代[J]. 地球学报, 1998, 19(增刊):57-60.
- Li Huimin, Li Huaikun, Lu Songnian, et al. Determination of age of gold mineralization of Dongping gold deposits by U—Pb dating hydrothermal zircons from ore veins [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1998, 19(Sup):57-60 (in Chinese with English abstract).
- [24] 谌宏伟, 罗照华, 莫宣学, 等. 东昆仑造山带三叠纪岩浆混合成因花岗岩的岩浆底侵作用机制[J]. 中国地质, 2005, 32(3):386-395.
- Chen Hongwei, Luo Zhaohua, Mo Xuanxue, et al. Underplating mechanism of Triassic granite of magma mixing origin in the East Kunlun orogenic belt [J]. *Geology in China*, 2005, 32(3):386-395 (in Chinese with English abstract).
- [25] 王松, 丰成友, 李世金, 等. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗岩闪长岩锆石 SHRIMP U—Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 2009, 36(1):74-84.
- Wang Song, Feng Chengyou, Li Shijin, et al. Zircon SHRIMP U—Pb dating of granodiorite in the Kaergueka polymetallic ore daposit, Qimantegte mountain, Qinghai Province, and its geological implications [J]. *Geology in China*, 2009, 36(1):74-84(in Chinese with English abstract).
- [26] Liu C D, Mo X X, Luo Z H, et al. Mixing events between the crust and mantle—derived magmas in Eastern Kunlun: Evidence from zircon SHRIMP II chronology [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49:823-834.
- [27] 刘云华, 莫宣学, 喻学慧, 等. 东昆仑野马泉地区景忍花岗岩锆石 SHRIMP U—Pb 定年及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (10):2457-2463.
- Liu Yunhua, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, et al. Zircon SHRIMP U—Pb dating of the Jingren granite, Yemaquan region of the east Kunlun and its geological significance [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(10):2457-2463 (in Chinese with English abstract).
- [28] 国际地委员会编. 国际地层表 [J]. 金玉珪, 王向东, 王珩, 译. 地层学杂志, 2005, 29(2):98.
- International Commission on Stratigraphy. *International Stratigraphic Chart* [J]. Jin Yugan, Wang Xiangdong, Wang Yue (translated). *Journal of Stratigraphy*, 2005, 29 (2): 98 (in Chinese with English abstract).

## Petrotectonic assemblages and temporal-spatial framework of the Late Paleozoic-Early Mesozoic intrusions in the Qimantage Corridor of the East Kunlun belt

WANG Bing-zhang<sup>1,2</sup>, LUO Zhao-hua<sup>1</sup>, LI Huai-yi<sup>3</sup>, CHEN Hong-wei<sup>4</sup>, HU Xu-li<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Qinghai Geological Survey, Xining 810012, Qinghai, China; 3. Qinghai Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration, Xining 810001, Qinghai, China; 4. Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, Hunan, China)

**Abstract:** Based on field geology, petrographic characteristics, spatial and temporal distribution and isotopic dating of the Late Paleozoic-Early Mesozoic intrusions in the Qimantage Corridor of the East Kunlun orogenic belt, the authors have recognized five tectono-magmatic stages and five intrusive belts. Magmatism in this area can be divided into the Early-Middle Permian, Late Permian-Middle Triassic, Middle Triassic, Late Triassic and Late Triassic-Early Jurassic stages. In the Early-Middle Permian stage, such assemblages as granodiorite + monzogranite + porphyroid monzogranite, quartz-diorite + porphyroid quartz-diorite and diorite + quartz-diorite were produced. The monzogranite + porphyroid monzogranite + syenogranite assemblage was formed in the Late Permian-Middle Triassic period, the diorite + quartz-diorite + tonalite + granodiorite assemblage was emplaced in the Middle Triassic period, and the Late Triassic intrusions were composed of the quartz-monzodiorite + granodiorite + porphyroid monzogranite + syenogranite assemblage. The representative intrusion assemblage produced in the Late Triassic-Early Jurassic period is the quartz-monzonite + porphyroid syenogranite + alkali feldspar granite. These igneous assemblages are regularly distributed in the corridor and seem to be the key to revealing the tectonic evolution of the East Kunlun orogenic belt.

**Key words:** East Kunlun; Qimantage; Late Paleozoic-Early Mesozoic; intrusion; igneous assemblage

---

**About the first author:** WANG Bing-zhang, male, born in 1969, senior engineer and doctor candidate, mainly engages in regional geology; E-mail: wzb6901@126.com.