Y 978046

S414

分类号:_____ 10710-23489

长安大学
硕士学位论文

新疆新源赛肯都鲁—拉斯台一带花岗岩类地球化学特征

毕明波

指导教师姓名 李永军 教授 长安大学

申请学位级别 硕士 学科名称 构造地质学

论文提交日期 2006.5 论文答辩日期 2006年6月8日

学位授予单位 长安大学

答辩委员会主席:

学位论文评阅人:

二OO六年六月

摘 要

本文基于新疆新源县托库孜库马拉克一带 1∶5 万区调项目，经过野外地质矿产调查和室内资料整理、数据的计算和图件绘制，对赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩类的岩石学、岩石化学、地球化学特征，及花岗岩形成的时代及成矿元素背景、成矿条件等进行系统研究和全面认识，取得如下主要地质成果：

1．运用岩石谱系单位填图方法和理论，按照同源岩浆演化序列的观点，对位于伊宁阿吾拉勒构造—岩浆带的赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩类进行了侵入序列的划分，划分出赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合和拉斯台—塔尔塔夏岩浆带。对前人所称的赛肯都鲁岩体进行了解体，合理建立了本区的花岗岩类谱系单位。

2．赛肯都鲁序列岩体年龄为 321Ma，侵入下石炭统大哈拉军山组，为准铝质钙碱性花岗岩类，属 ACG（富角闪石的钙碱性花岗岩），其物质来源为以幔源物质为主的壳幔混合源，依据主量元素、微量元素和稀土元素计算和作图，参考与之密切成因和构造配套关系的大哈拉军山组火山岩构造环境，确定其构造环境为火山弧环境，这一结论，将为重建西天山地质构造演化史提供重要信息。

3．阔尔库序列岩体年龄为 281Ma，与赛肯都鲁岩体为超动接触关系，为弱过铝质钙碱性花岗岩类，属 CPG（含堇青石过铝花岗岩），物质来源为以壳源物质为主，岩体构造环境为同碰撞类型。与之密切成因和构造配套关系的伊什基里克组火山岩构造环境印证了这个结论。

4．拉斯台序列岩体年龄为 328Ma，侵入下石炭统大哈拉军山组下段和阿克沙克组上部，为准铝质钙碱性花岗岩类，属 KCG（富钾钙碱性花岗岩）。其物质来源为以壳源物质为主的壳幔混合源，岩体构造环境为火山弧环境，该序列大离子亲石元素和稀土元素配分曲线印证了这个结论。

5．赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩处于阿吾拉勒铜铜银多金属成矿带，阔尔库序列二长花岗岩中的金属元素 Cu、Au 等元素的较富集，赛肯都鲁序列石英闪长岩中 Cu 等多种金属元素较富集。已发现的矿化点均与花岗岩有关系，岩浆及其期后的热液活动为铜金等多金属的活化、转移提供了必不可少的热动力，或者通过改变地壳局部的地热梯度，为成矿提供热源在构造适宜部位（断裂或断裂带）成矿。

关键词：西天山　赛肯都鲁－拉斯台一带　花岗岩　地球化学

Geochemical character of granite of the Saikendulu-lasitai area in xinyuan, Xinjiang

Abstract: Based on the project of the 1:50000 regional geological investigation in Tuokuzikumalake region in Xinyuan County, Xinjiang, this paper deal with the age of the granite and its mineralizing element background etc as well as the systematic research and general understand of the petrological, petrochemical and geochemical character, by the field survey of the mineral resources, data processing and calculating and mapping. The main geological achievements are concluded as follow.

1. Using the petrological spectral series unit mapping method and the theory of cognate magma evolvement, we classify the intrusion series of the granite in Saekendulu-Lasitai area in Awulale tectonic-magmatic belt into the Saikendulu-kuoerku the beveling contact relationship rock assemblage and Lasitai-Taertaxia magma belt. We also disassemble the rock body which called Saikendulu body by the predecessor, and construct the petrological spectral series unit.

2. The Saikendulu series, aged 321Ma, intrude the Dahalajun Mountain formation, which belong to ACG, derive from a crust-mantle mixed source dominated by the mantle material. According to the calculation and mapping of the main elements, trace elements and thulium elements, we can conclude that it is tectonicly derived from the volcanic arc condition by referring to the Dahalajun mountain volcanic structural setting which closely related to the Saikendulu series in genetic and tectonic aspect. This conclusion can provide important information in reconstruction of the geologic-tectonic evolvement of the West Tianshan Mountain.

3. The Kuoerku series, aged 281Ma, the beveling contact relationship with The Saikendulu series, which is Moderately Peraluminous Calc-alkline Granitoids, belonging to CPG, mainly derived from crust sources. The tectonic setting of the rock body is Syn-COLG And the tectonic setting of the Yishijili volcanic formation which is closely relative to the Kuoerku series has testified this conclusion.

4. Lasitai series, aged 328Ma, intrude the lower of the Lower Carboniferous of the lower

Dahalajun Mountain and the upper of the Akeshake series, and the components of the series is Metaluminous Calc-alkline Granitoids, belonging to KCG, derived from the crust-mantle mixed sources dominated by the crust material. The series is in the volcanic arc setting, and it is testified by the distributive curve of the big ion lithophile element and the thulium elements.

5. The granite of the Saikendulu-Lasitai area situate in the Awulale multimineralization belt of Cu-Ag, and the Cu, Ag etc. are enriched in the adamellite in the kuoerku series, the Cu and other specific metal elements are enriched in the Saikendulu series.Four mineralization site relate with the granite. The magmatism and the subsequent hydrothermal activity provide necessary dynamic for the activation and transfer of the Cu, Au and other metallic mineral, or provide the thermal source for the mineralization in the appropriate position by altering the regional geothermal gradient of the crust.

Key words: West Tianshan Mountain Saikendulu-Lasitai area granite geochemistry

论文独创性声明

本人声明：本人所呈交的学位论文是在导师的指导下,独立进行研究工作所取得的成果。除论文中已经注明引用的内容外，对论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表的成果。

本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：[illegible]　　2006年 6月 3日

论文知识产权权属声明

本人在导师指导下所完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属学校。学校享有以任何方式发表、复制、公开阅览、借阅以及申请专利等权利。本人离校后发表或使用学位论文或与该论文直接相关的学术论文或成果时，署名单位仍然为长安大学。

（保密的论文在解密后应遵守此规定）

论文作者签名：[illegible]　　2006年 6月 3日

导师签名：[illegible]　　2006年 6月 6日

第一章 绪 论

1.1 论文选题依据

天山地质构造长期以来受到国内、外地质学家的关注，早在 1875 年就开始了地质路线调查。40 多年来，先后有大批地质工作者在此开展了区域地质调查和矿产普查工作。但地质资料大都较零乱，图件粗略。近 10 年来，一些科研单位沿独库公路陆续进行了地质剖面、蛇绿岩、地学断面（地震与重力）、生物地层、大地构造等方面的研究，并有大量专著和论文发表，为研究区提供了依据充分、翔实的野外及室内资料，对本次地质研究工作的研究和部署具有十分重要的意义和参考价值。除国道 217 线（独库公路）及新开 1∶5 万地质调查区研究程度较高外，其它地区仍较低。研究区地处西天山造山带的关键部位，对研究西天山造山带的运动学和动力学机制是十分重要的。

花岗岩的岩石与地球化学组成不仅提供了岩浆起源、运移、就位等演化方面的成因信息，而且在一定程度上反映了岩体形成的大地构造环境。基于此，本文在研究方法上首先注意将野外地质观察与室内研究相结合，强调地球化学数据的真实可靠，全面考虑到花岗岩的矿物组合、岩石学和地球化学及同位素特征，根据主量元素、微量元素和稀土元素表现出来的综合特征，按照岩石化学特征与构造环境的实质关系，选择具有判别功能的地球化学判别参数和图解对研究区花岗岩体的成因、物源及形成的构造环境做进一步讨论。

花岗质岩浆中成矿元素行为受控于源岩成分、氧化状态、结晶分异作用和挥发组份。花岗岩地球化学特征和矿物学成分一定程度上继承了源岩的特征，反映了岩浆作用的大地构造背景、氧化状态和结晶分异，因此，可使用花岗岩成分判别成矿花岗岩。研究区处于伊犁微地块和塔里木北缘活动带的复合部位，构造活动具多期性，岩浆活动、火山活动强烈。各种构造的复合部位、岩浆岩发育地区都是成矿、赋矿的有利地段。如何利用花岗岩成分判别含矿花岗岩，充实研究区的成矿理论，指导进一步的找矿工作，是十分必要的。

因此本文从花岗岩岩石化学方面探讨研究区的构造环境、构造演化，具有非常重要的理论及现实意义。

1.2 国内外花岗岩研究的现状

在上世纪 70 年代以前，岩浆岩岩石学研究与岩石学的其它分支一样，主要偏重于

分类、描述及对岩石物质成分本身的研究，发展了岩类学和岩石化学，并从岩石物理化学角度提出了许多岩石成因假说。在上世纪 70～80 年代期间，随着板块构造理论兴起并应用于大陆，成因岩石学发展迅速，开始探讨岩浆岩的岩浆起源、大地构造环境、物理化学过程及地壳演化问题，由此在国际上掀起了研究花岗岩、蛇绿岩、玄武岩及其岩石形成的构造环境的热潮。

20 世纪 90 年代以来，受大陆动力学及大量新的实验测试技术与研究方法的推动，花岗岩地质研究已从过去以岩相学和地球化学为主逐渐转入到从构造观入手探索花岗岩地球动力学的新阶段。这一阶段前沿是从大陆生长及大陆动力学的层次进行花岗岩地质研究。围绕这一重大前沿问题当今国际花岗岩地质研究一个主要方向是把区域性花岗岩成因和大陆生长相结合，以期能建立起一个它们之间相互关联的框架，并进一步通过这一框架追索它们形成时热能传递的机理及其体制。因此，研究花岗岩不仅可以获得花岗岩物质来源和构造环境的信息，而且可以获得壳一幔物质运动的状态、过程、动力学等问题的本质、深部能量(热能)的传导、转化的重要信息。探索和解译这些信息，是解决当今大陆地质演化，建立大陆动力学关键问题之一，也是 21 世纪初叶花岗岩研究导向趋势。

1.3 研究区研究现状

伊犁盆地地区侵入岩研究较早，1935 年Ч·Y·布尔塔耶夫对西天山的地质构造、地层、沉积建造、岩浆活动及变质作用等提出了初步的看法。1943 年黄汲清等在库车河—卡拉苏河一带 1∶50 万路线地质调查中对西天山进行了地层、岩石、构造方面的研究。1959 年 3 月新疆地质局第二区调大队邓自华等对南天山主脊一带地层、侵入岩、大地构造进行较系统的划分。1966～1979 年新疆地质局区测大队六次 1∶20 万区域地质矿产调查对研究区内的地层、岩石、构造、矿产进行了全面的研究，依据侵入岩的划分和岩性对比，将侵入岩分为华力西中期和晚期，对侵入岩的岩石学做了较详细研究，岩石化学仅用查氏法做了简单分类。1989～1991 年新疆地矿局第二区调队和静县艾肯达坂一带 1∶5 万区域地质矿产调查对岩研究区内的地层、岩石、构造、矿产进行了全面系统的研究，把研究区侵入岩划分出坎苏岩体，赛肯都鲁岩体，塔尔塔夏岩体和拉斯台岩体，对侵入岩的岩石学做了详细研究。

尽管前人对本区花岗岩研究已取得了不少成果，但前人对本区花岗岩类的研究存在的主要问题有：

1．依据各岩体产出位置进行岩石相带的划分，未用同源岩浆演化序列的观点，结合花岗岩类各岩石类型间在岩石学特征、岩石化学特征、地球化学特征等方面的异同，花岗岩类各岩石类型之间的接触关系等，对本区花岗岩进行解体。

2．在岩石地球化学研究方面，仅对花岗岩进行了 I 型和 S 型的划分。未将花岗岩的矿物组合、岩石学和地球化学及同位素特征结合主量元素、微量元素和稀土元素表现出来的综合特征，对研究区花岗岩类的成因及构造环境作深入研究。

3．缺乏对花岗岩类与研究区内外主要岩浆事件的配套研究，对于相对应的火成岩组合、成因关系、大地构造演化探讨较少。

1.4 本文研究的对象、内容和方法

本论文将以2003～2005年进行的新疆新源县托库孜库马拉克一带1∶5万区域地质调查项目为基础（以下简称新源项目），通过野外区域地质矿产调查，研究赛肯都鲁—拉斯台一带花岗岩物质组份、结构、接触关系，就位机制，从而了解这一带花岗岩的基本特征。研究区位于西天山地区阿吾拉勒山东段，行政区划以阿吾拉勒山脊为界，北部属尼勒克县管辖，南部属新源县管辖（图1—1）。

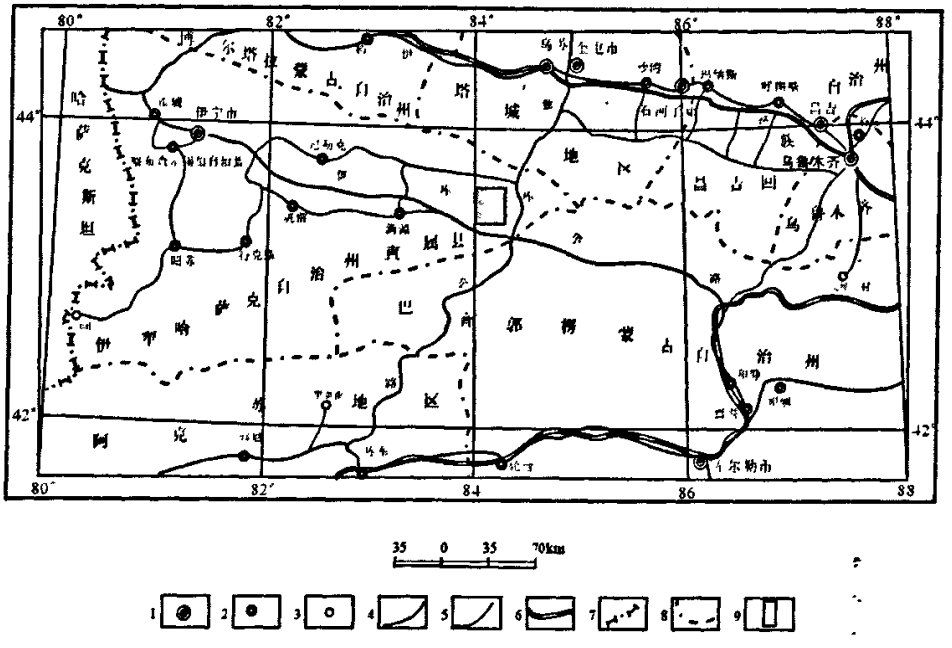


图 1—1 研究区交通位置图（据新源 1∶5 万项目报告）

1—市；2—县；3—镇；4—主要公路；5—一般公路；6—铁路；7—国界；8—地（州）界；9—研究区

在这个基础上，进而对花岗岩岩石学、岩石化学、地球化学特征研究，对花岗岩形成的时代及成矿元素背景、成矿条件及与构造的关系等进行系统观察，广泛收集资料，运用基础理论加以分析，借以说明花岗岩的形成、发展和演化过程，以便对阿吾拉勒一带地质构造有全面的认识。主要任务是在收集、分析前人研究资料的基础上，针对目前存在的主要问题进行重点研究，通过地质剖面测制和野外地质调查，基本理清研究区地层(岩石)、构造格架，并对其含矿性进行初步了解。

1.5 拟解决的问题

通过对本区新疆新源赛肯都鲁—拉斯台一带花岗岩类及含矿性的研究，期望能解决以下问题：

1. 查明赛肯都鲁—拉斯台一带花岗岩岩石类型、矿物组成、岩石化学及地球化学、接触关系、空间展布及变化规律，用同源岩浆演化序列的观点，对本区花岗岩进行解体。

2. 依据岩石矿物特征、结构构造特征和花岗岩的形成机理，对花岗岩的成因类别进行划分，结合研究区内外主要岩浆事件的配套研究，对研究区花岗岩类的成因及构造环境进行探讨，为区域大地构造演化提供佐证。

3. 初步探讨本区花岗岩与成矿作用的关系及花岗岩体的含矿性。

1.6 主要工作量

本文依据的实际工作量见表 1—1。

表 1—1 本文依据的实际工作量一览表

序 号	项 目	单 位	合 计
1	1：5 千地质实测剖面	Km	22
2	1：5 万地质填图面积	Km^2	90.7
3	薄片鉴定	片	60
4	岩石全岩样	件	39
5	稀土元素	件	39
6	微量元素	件	39
7	基岩半定量光谱	件	92
8	锆石 U—Pb 法定年	件	1

经过两年的野外调研，共完成填图面积近 1300km^2，其中对测区花岗岩测制剖面 3

·条，长度共约 22km，采集各类样品 191 件。岩石样品薄片鉴定由新疆地矿局中心实验室和我校共同完成；全岩、稀土、微量、同位素分析由国土资源部宜昌地质矿产研究所岩矿测试中心承担；常量元素用常规湿法、容量法分析；微量元素和稀土元素用 ICP－MS 分析；同位素用质谱仪测定。基岩光谱测试由新疆地矿局中心实验室承担。

第二章　区域地质特征

2.1 区域大地构造位置

早在 1903 年，.俄国学者 N.B.穆什凯托夫首先提出天山三分构造单元的见解，1928 年他又提出天山运动，划出早石炭世末和晚石炭世末两个构造幕。B.A.尼古拉耶夫（1933）指出了苏联中北天山之间的重要构造线（后称“尼古拉耶夫线”），此线东延与那拉提南缘断裂相接。黄汲清（1945）在《中国主要地质构造单位》一书中，指出天山属华力西旋回的地槽褶皱，是典型的多旋回褶皱带。张文佑（1959）认为在构造形态上，天山可分为北、中、南三部分；与此同时，地质部地质研究所提出天山划分为北、中、南天山三个褶皱带，指出中天山加里东褶皱带，以下古生界为主，可能含震旦系。20 世纪 80 年代以来，我国许多学者用板块观点对研究区重新开展调查研究，并提出各自的新认识：李春昱（1980）提出中天山为寒武纪以后从塔里木板块分离出来的中间地块、南天山为塔里木板块边缘海。肖序常（1990，1991）提出志留纪洋拉张作用主要发生于南天山，到（S_3—D_1）向北俯冲，形成汗腾格里峰科克苏河上游的高压变质带和长阿吾子、乌瓦门—拱拜子等地的蛇绿岩，中天山发育的晚加里东期花岗岩也具碰撞引起的岛弧型和同碰撞型花岗岩特征。张良臣（2003）指出那拉提—红柳河缝合带以北为哈萨克斯坦—准噶尔板块，以南为塔里木—华北板块，缝合带中蛇绿岩形成年代为晚奥陶世—早志留世。构造就位于晚志留纪世—早泥盆世，同时也是蓝片岩的形成年代。

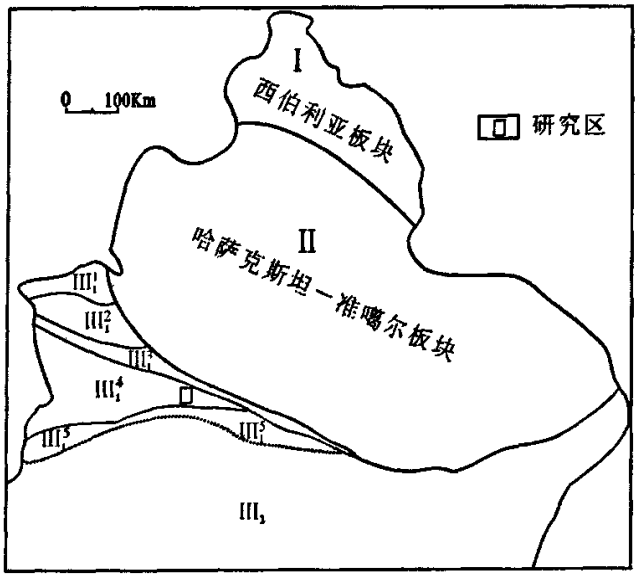


图 2—1 研究区构造单元划分图

III—塔里木—华北板块；III_1—伊犁微地块，III_1^1—阿拉套晚古生代陆缘盆地，III_1^2—赛里木地块，III_1^3—博罗科努古生代复合岛弧带，III_1^4—巩乃斯古生代裂谷，III_1^5—那拉提早古生代叠加岛弧；III_2—塔里木微板块

研究区地处新疆西天山，位于塔里木—华北板块中的伊犁微板块东部。随着西天山研究的不断深

入，各种资料的不断更新，特别是岩石地球化学和一批同位素新资料的取得，对研究区的大地构造位置及构造单元划分，也在不断地更替，从图 2—1 中可基本反映出本文构造单元划分的方案。

2.2 地层

根据研究区地层出露与岩石变形变质特征以及区域构造格架的展布特征，依据《新疆维吾尔自治区岩石地层》和《岩石地层区划》，研究区地层属中南天山—北山地层区中天山—马鬃山地层分区的伊宁地层小区。地层小区岩石地层单位依据新疆《新疆维吾尔自治区岩石地层》进行划分（图 2—2）。伊宁地层小区地层以晚古生界最为发育，石炭纪地层为研究区的主体地层。研究区岩石地层单位序列见表 2—2。

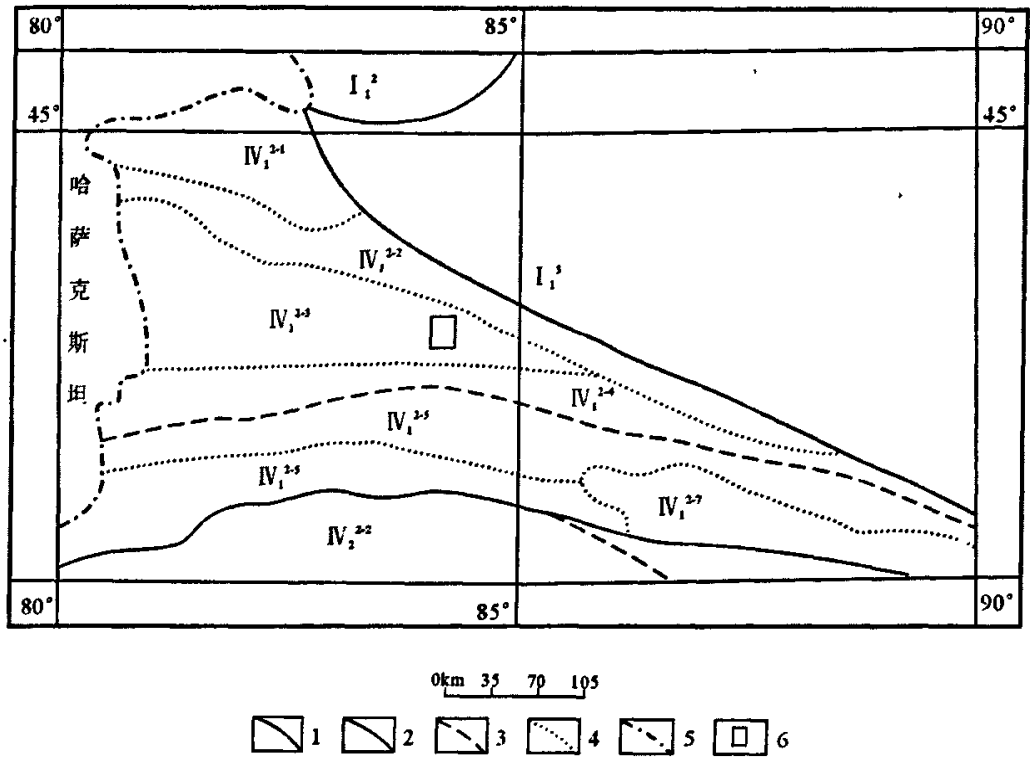


图 2—2 西天山地层区划图

1—地层大区界线；2—地层区界线；3—地层分层界线；4—地层小区界线；5—国界线；6—研究区范围；I_1^2—北准噶尔层分区；I_1^3—南准噶尔—北天山地层分区；IV_1^{2-1}—温泉小区；IV_1^{2-2}—博罗霍洛山地层小区；IV_1^{2-3}—伊宁地层小区；IV_1^{2-4}—巴仑台地层小区；IV_1^{2-5}—哈尔克山地层小区；IV_1^{2-6}—萨阿尔明地层小区；IV_1^{2-7}—克孜勒塔格地层小区；IV_2^1—塔北地层分区；IV_2^2—塔里木盆地地层分区

表 2—2 研究区岩石地层单位序列表

年代地层单位		岩石地层单位 / 地层区划	中南天山—北山地层区
			中天山—马鬃山地层分区
			伊宁地层小区
侏罗系	中统		西山窑组（J_2x）
	下统		三工河组（J_1s）
			八道湾组（J_1b）
二叠系	上统		铁木里克组（P_3tm）
	中统		乌郎组（$P_{1-2}W$）
	下统		
石炭系	上统		伊什基里克组（C_2y）
	下统		阿克沙克组（C_1a）
			大哈拉军山组（C_1d）

伊宁地层小区北界沿博罗霍洛山南麓（喀什河断裂）为界，与博罗科努山地层小区为邻，南以那拉提北缘断裂与巴仑台地层小区分界。研究区主要出露地层如下：

2.2.1 石炭系

下石炭统大哈拉军山组（C_1d）：分布于阿吾拉勒山山脊两侧，是研究区主体地层。据新源一比五万区域地质调查及李注苍[1]等研究，大哈拉军山组是由浅海相中酸性火山碎屑岩和熔岩组成，主体岩性是灰紫色、紫红色、灰色凝灰岩、含砾凝灰岩、火山角砾岩等火山碎屑岩，英安斑岩、流纹质安山岩、安山岩等火山质熔岩次之。岩石化学与地球化学特征是以钙碱性过铝质岩石系列为主，总体火山岩从基性到酸性有 SiO_2、TiO_2、Al_2O_3 含量由小变大，MnO、MgO、Fe_2O_3 由高变低的变化趋势。据主量元素、微量元素和稀土元素综合研究和对比，大哈拉军山组火山岩组合具有陆缘弧火山岩的特征，其构造环境为陆缘弧环境。是北天山洋与南天山洋相向俯冲的产物。

下石炭统阿克沙克组（C_1a）：该组分布研究区的中部，该组上部为灰色砾岩、砂岩为主，含植物碎片夹灰岩，下部为灰白色厚层块状灰岩，为一套碳酸盐岩建造，属浅海相沉积。

[1] 李注苍 新源阔尔库—拉斯台一带石炭纪火山岩及其含矿性研究，长安大学硕士论文，2005

上石炭统伊什基里克组（C_2y）：该组在研究区分布较广，呈北西西向展布，据新源一比五万区域地质调查及刘静等研究，伊什基里克组主要由火山熔岩和火山碎屑岩两部分组成。主体岩性以火山熔岩为主。根据其岩性特征、岩石组合划分为两段：

伊什基里克组下段（C_2y^1）：主要岩性底部为紫红色凝灰砾岩、安山质火山角砾岩，中上部为中酸性晶屑凝灰岩、紫红色凝灰岩。

伊什基里克组上段（C_2y^2）：分布于研究区中部，呈北西—南东向展布。主要岩性为浅灰色英安斑岩、英安岩、安山岩、安山玢岩和霏细斑岩，以英安斑岩为主。

伊什基里克组火山岩岩石化学与地球化学特征是钙碱性系列和碱性系列共存（可能有极少量类拉斑系列），碱性系列和钙碱性系列几乎各占一半。岩石普遍低铝，且K大于Na，与岛弧玄武岩和安山岩有本质的差异。岩石组合具有类似双峰式火山岩的特征。岩石化学及地球化学各种参数和图解均显示大陆板内裂谷火山岩特征，因而是晚石炭世裂谷的代表产物。

2.2.2 二叠系

上二叠统铁木里克组（P_2tm）：分布于研究区最南部。为一套浅灰紫色、浅灰色碎屑岩，主要岩性为砾岩、砂砾岩、岩屑砂岩、细砂岩、粉砂岩等，含植物化石。

下二叠统乌郎组（P_1w）火山岩位于研究区外紧邻上二叠统铁木里克组，据新源一比五万区域地质调查及许晓伟[2]研究，其主体为一套基性火山岩→酸性火山岩的双峰式旋回，偶夹少量中酸性火山岩。其构造环境为裂谷带火山岩，形成于大陆初始裂谷区，以碱性系列为主。天山晚石炭纪造山运动结束后，岩石圈的拉伸和减薄的产物，是区内最后一次重要的火山—岩浆事件。

2.2.3 侏罗系

对侏罗系自下而上划分为下侏罗统八道湾组（J_1b）、下侏罗统三工河组（J_1s）和中侏罗统的西山窑组（J_2x）。

下侏罗统八道湾组（J_1b）：主要分布于赛肯都鲁岩体的北部，主要岩性为砾岩、砂砾岩、含砾粗砂岩、粗砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩等，间夹炭质泥岩和煤层。

下侏罗统三工河组（J_1s）：主要分布于赛肯都鲁岩体的东北部，仅出露少部分，呈北西向一南东向展布。主要岩性为灰白色、灰绿色砾岩、砂岩和灰绿色、灰黑色泥岩夹

[2]许晓伟，新疆新源县巴音居里克一带二叠系的划分与对比，长安大学本科论文，2005

煤层及菱铁矿薄层。为一套正常碎屑岩，属河流湖泊相沉积。含丰富的植物化石。

中侏罗统西山窑组（J_2x）：主要分布赛肯都鲁岩体的东北部。与赛肯都鲁岩体呈断层接触。主要岩性为灰白色砾岩、灰绿色砂岩组成。

2.3 研究区构造形迹特征

研究区位于伊犁盆地的东部，构造活动强烈，断裂和褶皱发育，表现为不同时期构造样式也不相同。

2.3.1 断裂

研究区内以逆断层为主的东西向断裂构造和次级共轭断裂发育，对区内火山作用和岩浆作用控制显著，受此影响岩体的长轴方向基本平行于区内断裂方向，不同方向断裂交汇部位，是区域火山期后热液和岩浆热液上升、运移的良好通道，是铜矿、铁矿、金矿化产出的有利部位。

2.3.2 褶皱

研究区内褶皱主要见于石炭系、二叠系及侏罗系中。受区域大断裂控制，不同区段内的褶皱，其表现形式有所差异。阿吾拉勒山主脊及两侧一带的褶皱多为较紧闭形，层间揉皱发育，而其山前地区的褶皱相对宽缓。

第三章　花岗岩类地质及岩石学特征

3.1 花岗岩类地质特征

研究区花岗岩属伊宁早石炭世—早二叠世阿吾拉勒构造—岩浆带，并进一步细分为赛肯都鲁—阔尔库组合岩套和拉斯台—塔尔塔夏岩浆带，如图 3—1。

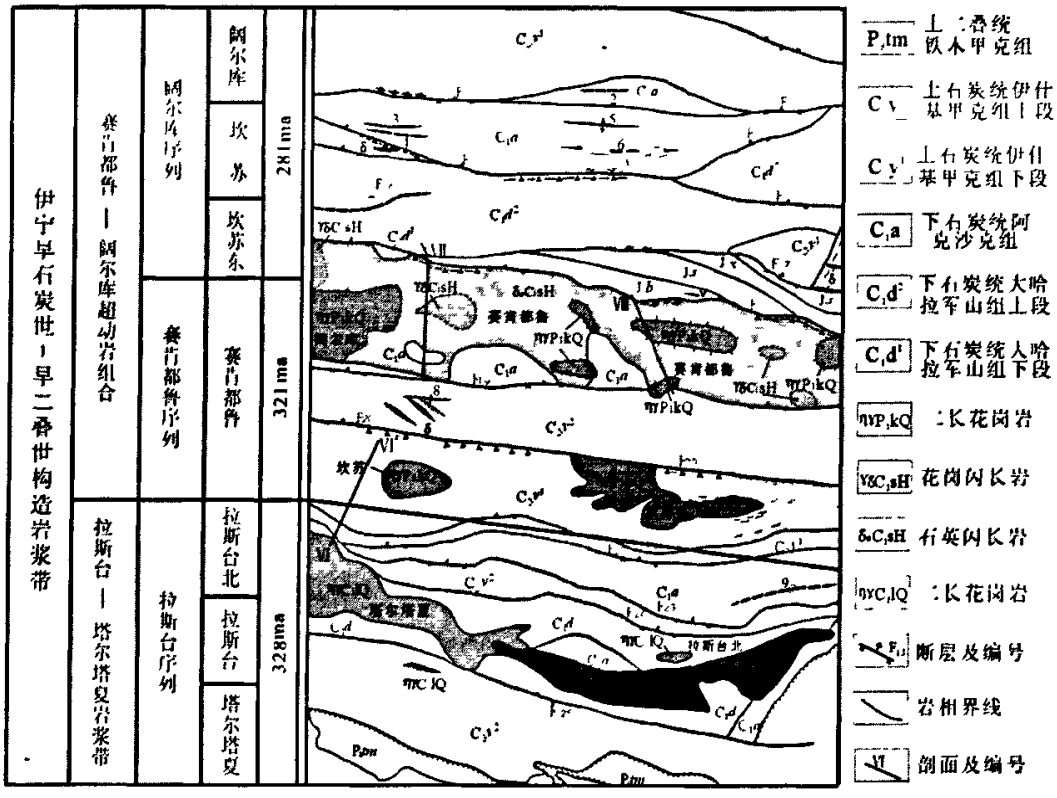


图 3—1 研究区花岗岩分布图（据新源 1∶5 万项目地质图）

拉斯台—塔尔塔夏岩浆带由拉斯台岩体、塔尔塔夏岩体构成，二者为脉动接触。赛肯都鲁－阔尔库组合岩套（超动岩组合）由早石炭世的赛肯都鲁序列和早二叠世的阔尔库序列构成，二者超动关系清晰，是本次研究解体和确认的一个典型的超动岩组合，其间的阔尔库序列又由阔尔库侵入体、坎苏侵入体等众多的小侵入体组成。

研究区内构造复杂，花岗岩都分布在各个断裂带附近，所有岩体的长轴方向基本平行于区域构造线方向。依地质演化进程，总体岩性由老至新，有由中性向酸性和碱性的变化趋势。依据花岗岩体侵入的最新地层，岩性的相互穿插关系，岩性对比和同位素年龄资料，主要成岩时代为石炭纪和二叠纪，研究区花岗岩类按构造岩浆带划分如表 3—1。以下由伊宁阿吾拉勒早石炭世－早二叠世构造岩浆带自北而南进行分述。

表 3—1 研究区花岗岩类构造岩浆带划分表

构造岩浆带	岩浆带	序 列	侵入体	代 号	岩 性	成因类型	地质年代	
伊宁阿吾拉勒早石炭世—早二叠世构造岩浆带	赛肯都鲁—阔尔库	阔尔库	阔尔库	ηγP$_1$kQ	二长花岗岩	壳源	P$_1$	281 Ma (U-Pb)
			坎苏					
			坎苏东					
		赛肯都鲁	赛肯都鲁	γδC$_1$sH	花岗闪长岩	混源	C$_1$	321 Ma (U-Pb)
				δοC$_1$sH	石英闪长岩			
	拉斯台—塔尔塔夏	拉斯台	拉斯台北	ηγC$_1$lQ	二长花岗岩	混源	C$_1$	328 Ma (U-Pb)
			拉斯台					
			塔尔塔夏					

3.1.1 赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合

赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合又可称为赛肯都鲁—阔尔库岩套，由早石炭世的赛肯都鲁岩体和早二叠世的阔尔库岩体构成，两者为超动接触关系。二者的主要特征及差异对比如表 3—2。

表 3—2 赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合两个序列对比表

序列	岩 性	锆石颜色	分布及接触关系	主要岩石地球化学特征				成因类型	构造环境	地质时代
				碱性度	铝饱和度	Ba含量	稀土总量			
阔尔库序列	二长花岗岩—正长花岗岩	浅黄色	或侵入于赛肯都鲁序列中或以独立侵入体见于阿吾拉勒南坡的坎苏—坎苏东	钙碱	弱过铝	低Ba	低	壳源	同碰撞	281ma
赛肯都鲁序列	辉长岩—辉长闪长岩—石英闪长岩—闪长岩—花岗闪长岩	浅褐色	阿吾拉勒主脊的赛肯都鲁—阔尔库一带，呈捕掳体见于阔尔库序列的二长花岗岩	钙碱	准铝	高Ba	高	混源	火山弧	321ma

赛肯都鲁岩体是以闪长岩为主的混源火山弧花岗岩，阔尔库岩体是以二长花岗岩为主的壳源同碰撞花岗岩。这个超动岩组合分别划分为赛肯都鲁系列和阔尔库系列，其中的阔尔库序列包括从赛肯都鲁岩体中识别和解体出来的阔尔库岩体，以及位于该岩体之南过去称之为“坎苏岩体和坎苏东岩体”，新源项目调查证实，后者（“坎苏岩体和坎苏东岩体”）实际上是以独立侵入体形式产出的阔尔库系列的一部分。

3.1.1.1 赛肯都鲁序列

岩体呈带状分布于阔尔库大阪一带，出露面积约 60km^2，侵入于下石炭统大哈拉军山组火山岩和伊什基里克组火山岩，其后又被二叠纪阔尔库序列阔尔库岩体吞侵，与下侏罗统八道湾组（图 3－2）、下侏罗统三工河组及中侏罗统的西山窑组为断层接触关系。岩体内部为脉动接触关系。围岩岩性主要为大哈拉军山组上段紫红色安山岩、伊什基里克组上段英安斑岩及侏罗统砂岩和砾岩。

填图路线中可见赛肯都鲁花岗闪长岩和石英闪长岩为脉动接触关系（图 3－3）。并可见赛肯都鲁岩体石英闪长岩与阔尔库岩体二长花岗岩之间的超动接触关系（图 3－4、5）。图版－1 可见赛肯都鲁灰白色石英闪长岩与灰黑色辉石闪长岩之间的脉动接触关系。

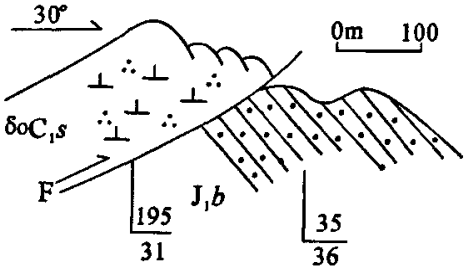


图 3－2 赛肯都鲁岩体与围岩下侏罗统八道湾组断层接触关系示意图

δ o C$_1$s－赛肯都鲁石英闪长岩；J$_1$b－下侏罗统八道湾组砂岩

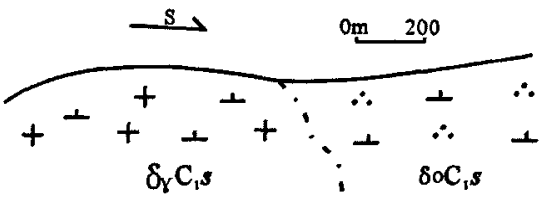


图 3－3 赛肯都鲁花岗闪长岩与石英闪长岩脉动接触关系示意图

γ δ C$_1$s－赛肯都鲁花岗闪长岩；δ o C$_1$s－赛肯都鲁石英闪长岩

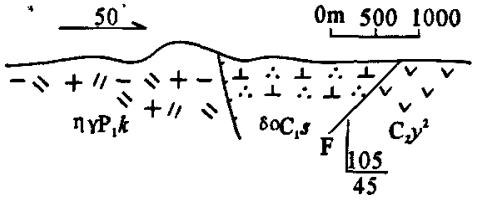


图 3－4 赛肯都鲁序列与阔尔库序列超动关系及与围岩伊什基里克组断层接触剖面图

η γ P$_1$k－阔尔库序列二长花岗岩；δ o C$_1$s－赛肯都鲁序列石英闪长岩；C$_2$y^2－伊什基里克组上段安山岩

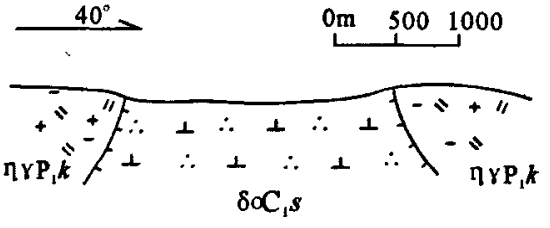


图 3－5 赛肯都鲁序列与阔尔库序列超动关系剖面示意图

η γ P$_1$k－阔尔库序列二长花岗岩；δ o C$_1$s－赛肯都鲁序列石英闪长岩

赛肯都鲁序列向西延伸至邻幅（“新疆新源县阿克塔斯一带 1：5 万区域地质矿产调

查”项目，2003），新疆二区调在石英闪长岩中获得锆石U－Pb法年龄为321Ma，故岩体形成时代应为晚石炭世。

3.1.1.2 阔尔库序列

阔尔库序列或侵入于赛肯都鲁序列中或以独立侵入体见于阿吾拉勒南坡的坎苏一坎苏东一带（前人所称“坎苏岩体和坎苏东岩体”）。其主体是本次从赛肯都鲁序列中识别和解体出来的单独序列。由侵入于赛肯都鲁序列中的阔尔库岩体、坎苏独立侵入体和坎苏东独立侵入体构成。

阔尔库岩体呈条状分布于赛肯都鲁岩体内，出露面积约10km^2（图版－2），主要侵入赛肯都鲁岩体的中细粒石英闪长岩中，与上石炭伊什基里克组上段为侵入接触，与赛肯都鲁岩体为超动接触关系（图版－3、4、5、6）。在Ⅷ—Ⅷ′剖面0~1导5m处，见到二长花岗岩与英安岩之间呈侵入接触关系，两者之间界线清楚，接触界面的产状为155°∠68°（图3－6，图版－7）；11~12导15m处发育垂直柱状节理（图版－8），在27~28导43m处在阔尔库岩体二长花岗岩中见到赛肯都鲁岩体闪长岩包体（图3－7），在32~33导0~51m处见阔尔库岩体二长花岗岩沿节理贯入赛肯都鲁岩体闪长岩（图3－8）；在XⅦ剖面25~26导50~100m见阔尔库岩体黑云二长花岗岩与赛肯都鲁岩体闪长岩超动接触关系（图版－3）。以上实测剖面资料为把前人划分的赛肯都鲁岩体的解体提供了翔实的证据。

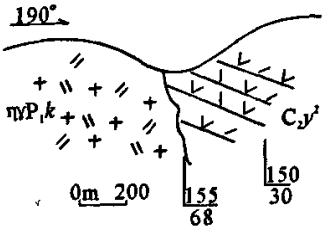


图3－6 阔尔库岩体与围岩伊什基里克组侵入接触关系

ηγP$_1k$－阔尔库序列二长花岗岩；C$_2y^2$－伊什基里克组上段英安岩

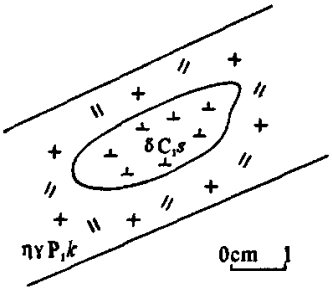


图3－7 阔尔库岩体二长花岗岩中的赛肯都鲁闪长岩包体

ηγP$_1k$－阔尔库序列二长花岗岩；δC$_1s$－赛肯都鲁序列闪长岩

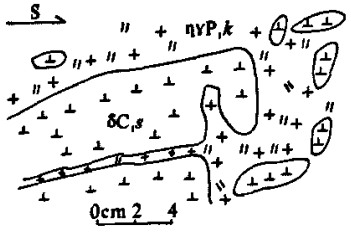


图3－8 阔尔库岩体二长花岗岩沿节理贯入赛肯都鲁岩体闪长岩中

图例同图3－7

坎苏独立侵入体和坎苏东独立侵入体呈岩株状分布于坎苏一带，出露面积约10km^2，

与围岩上石炭统伊什基里克组第一段为侵入接触。围岩主要为杏仁状玄武岩。在二长花岗岩中（VI剖面 43～44 导 26m 处）可见灰绿－灰黑色细粒闪长岩包体，大小 5～10cm，个别大者为 20～25cm。在二长花岗岩中发育镜铁矿细脉，脉宽 1～5mm，边部绿帘石化发育。

阔尔库序列延伸至西邻幅（“新疆新源县阿克塔斯一带 1：5 万区域地质矿产调查”项目，2003），新疆二区调在二长花岗岩中利用锆石 U－Pb 法测得年龄为 281Ma，阔尔库序列与赛肯都鲁序列为超动接触关系（图版－3～6），接触关系清晰，为不同构造背景的产物，且侵入伊什基里克组为晚石炭世，故所测年龄数据可靠，阔尔库序列形成时代为早二叠世。

3.1.2 拉斯台一塔尔塔夏岩浆带

拉斯台一塔尔塔夏岩浆带分布在拉斯台一塔尔塔夏一带，新源项目将其称之为拉斯台序列，主要由拉斯台侵入体、拉斯台北小侵入体和塔尔塔夏侵入体组成。时代为早石炭世。

3.1.2.1 拉斯台序列

拉斯台侵入体呈带状分布于拉斯台一带，出露面积约 15km^2，侵入地层为下石炭统大哈拉军山组上段和阿克沙克组。与塔尔塔夏岩体为超动接触关系。

拉斯台北小侵入体见于拉斯台侵入体之北，与拉斯台侵入体紧密共生，主要特征与其基本相同。

塔尔塔夏侵入体位于拉斯台侵入体之西，二者为超动关系。侵入体呈带状分布于托尔阔赛以北，出露面积约 16km^2，侵入地层为下石炭统大哈拉军山组上段。岩体中未见包体发育，围岩主要为紫红色杏仁状安山岩，填图路线中见二长花岗岩与围岩紫褐色安山玢岩呈侵入接触关系（图 3－9）。

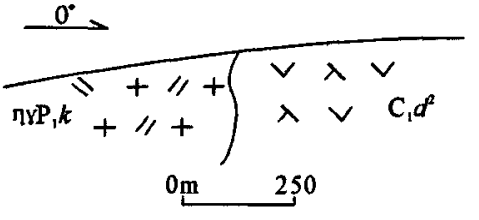


图 3－9 塔尔塔夏侵入体与围岩接触关系

ηγP$_1k$—塔尔塔夏侵入体二长花岗岩；C$_1$d^2—大哈拉军山组安山岩

拉斯台序列侵入的于下石炭统大哈拉军山组，在二长花岗岩中获得锆石 U－Pb 法测得年龄为 328Ma，故形成时代应为早石炭世。

3.2 花岗岩类岩石学特征

3.2.1 赛肯都鲁－阔尔库超动岩组合

3.2.1.1 赛肯都鲁序列岩石学特征

赛肯都鲁序列主要由花岗闪长岩和石英闪长岩组成，其特征为：

①中细粒花岗闪长岩：斜长石板条状，d（直径）=0.2×0.35mm～1.25×3mm，约占50%～55%。石英它形粒状，d=0.05～1.4mm，约占25%～30%，钾长石粒度细小，与石英伴生，d=0.05mm～0.5mm，约占15%。

②细粒石英闪长岩：半自形粒状结构，块状构造，更一中长石，半自形柱状，有的呈环带结构，含量约60%。角闪石大小d=0.5×1mm～0.3×0.5 mm，含量约15%。黑云母片状，石英它形粒状分布于长石之间，黑云母交代角闪石。

3.2.1.2 赛肯都鲁序列副矿物特征

①磁铁矿：不规则细小粒状，个别见有八面体晶形，黑色，条痕黑色，金属光泽，性脆，粒度为0.02～0.05mm，少数为0.3mm。

②榍石：多为不规则粒状楔形，浅褐色，半透明至不透明，玻璃光泽，性脆，断口不平坦呈贝壳状，粒度为0.05～0.1mm，部分可达0.3～0.5mm。

③磷灰石：不规则粒状，少数为浑圆柱状，白色半透明至不透明，玻璃光泽，性脆，粒度0.03～0.05mm。少数为0.2mm。

3.2.1.3 阔尔库序列岩石学特征

阔尔库序列主要由浅肉红色中细粒二长花岗岩和中细粒正长花岗岩组成。

中细粒二长花岗岩：岩石中矿物粒度大小不等，d=0.15～2×3.5mm。斜长石板状，含量约25%～30%。钾长石它形，约占30%；石英它形粒状大小不一，约占30%～35%。

中细粒正长花岗岩：斜长石板条状，d=0.2×0.4mm ～1.25×1.8mm，约占 15%左右，石英它形粒状，大小不等，d=0.25～3mm，约占35%～40%，呈强烈的波状消光，钾长石它形半自形板状，d=0.4～2×4.5mm，约占40%～45%，褐铁矿少量分布。

3.2.1.4 阔尔库序列副矿物特征

磁铁矿：不规则细小粒状，个别见有八面体晶形，黑色，条痕黑色，金属光泽，性脆，粒度为0.02～0.05mm，少数为0.3mm。

榍石：多为不规则粒状楔形，浅褐色，半透明至不透明，玻璃光泽，性脆，断口不

平坦呈贝壳状，粒度为0.05～0.1mm，部分可达0.3～0.5mm。

磷灰石：不规则粒状，少数为浑圆柱状，白色半透明至不透明，玻璃光泽，性脆，粒度为0.03～0.05mm。少数为0.2mm。

3.2.2 拉斯台－塔尔塔夏岩浆带

3.2.2.1 拉斯台序列岩石学特征

拉斯台和拉斯台北侵入体岩性主要为浅肉红色中细粒二长花岗岩，斜长石板条状，粒度大小不等，d=0.25mm～1.5×3.5mm，含量约35%～40%。钾长石半自形—它形不规则状，与石英紧密伴生，d=0.03～0.75mm，约占15%～20%；石英它形粒状大小不一，约占25%。

塔尔塔夏侵入体主要为中细粒角闪二长花岗岩：中细粒半自形粒状结构，块状构造。岩石中矿物粒度 d=0.05～2mm。斜长石板条状，具环带结构；石英它形粒状，不规则状，与钾长石紧密伴生；普通角闪石粒状，沿节理长被黑云母替代，而黑云母被绿泥石替代。

3.2.2.2 拉斯台序列副矿物特征

磁铁矿：多为不规则粒状，个别见有八面体晶形，黑色，条痕黑色，金属光泽，性脆，粒度为0.03～0.2mm，少数为0.5mm。

榍石：多为不规则粒状，黄色至褐色，半透明至不透明，玻璃光泽，性脆，断口不平坦呈贝壳状，粒度为0.05～0.3mm，少数可达0.7mm。

磷灰石：浑圆柱状，白色透明至半透明，玻璃光泽，性脆，粒度为0.05～0.3mm。锆石多为不规则粒状，拉斯台序列锆石特征见表3－3。

表3－3 拉斯台序列锆石特征表

晶　形	矿物特征	粒　度	晶形图形	
			主	次
细小粒状、柱状，浑圆柱状多为不规则粒状，少数为正方双锥柱状	浅粉红色，无色透明，金刚光泽，性脆，断口不平坦呈贝壳状	多为0.1mm为主，长宽比为2∶1或3∶1		

第四章 岩石地球化学特征

20 世纪 80 年代以来，随着高精度分析技术普遍应用，地学界对花岗岩的研究已从过去传统的以岩体岩相学、岩石化学为主的研究，转向微量元素地球化学方法和同位素地球化学入手，探索花岗岩形成演化及其动力学过程。在火成岩研究过程中，主量元素、微量元素和同位素地球化学有重要的示踪作用。主量元素和微量元素追踪岩浆演化过程，微量元素还指示岩浆源区特征及岩浆发生、演化过程，并有助于恢复其形成时的大地构造环境。本次在主要研究区域内共采集主量元素、稀土元素和微量元素样品共有 22 套，其中赛肯都鲁序列 10 套，阔尔库序列 5 套，拉斯台序列 7 套。主量元素用常规湿法、容量法分析，分析精度（相对标准差）一般小于 1%，主量元素经过铁调整后重新进行百分化，然后进行岩石化学数据计算和绘制图件。

4.1 赛肯都鲁－阔尔库超动岩组合的岩石化学基本特征

4.1.1 赛肯都鲁序列

赛肯都鲁序列的地球化学特征见表 4—1，序列的 TiO_2、CaO 和 MgO 平均值高于中国花岗岩与天山花岗岩的平均值。序列碱值=（Na_2O+K_2O）/Al_2O_3<0.9，为钙碱性，铝饱和度所有样品（Na_2O+K_2O+CaO）>Al_2O_3>（Na_2O+K_2O）为准铝花岗岩。应用氧化物—LgSI（固结指数）图解（图 4—1）可以看出 a、c、d、f 线性关系好，b 和 e 线性关系较差。说明岩浆演化过程中结晶分异作用较显著，同化混染作用不明显。以上表明赛肯

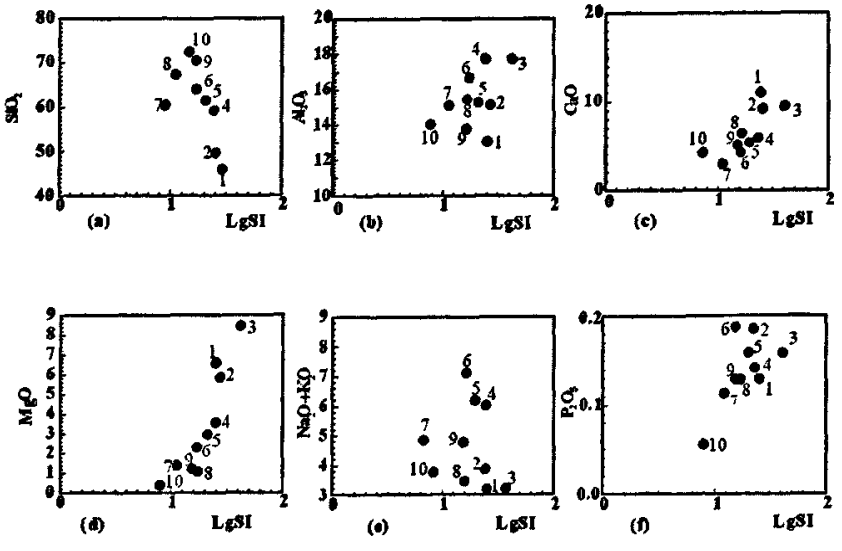


图 4—1 赛肯都鲁序列氧化物—LgSI 图解

（SI 为固结指数，SI=100×MgO/（$MgO+Fe_2O_3+FeO+Na_2O+K_2O$，分子比，图据 Matsuhisa，1979）

都鲁序列为钙碱性准铝质的与分异结晶作用有关的花岗岩。

表 4—1 赛肯都鲁序列岩石化学铁调整及百分化数据（10^{-2}）及参数计算表

序号	样品	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	碱值	AR	A/CNK	WI	DI	SI
1	Ⅷ08	45.96	3.22	13 11	2.02	14.61	0 23	6.65	10 96	2 65	0.46	0 13	0 24	1.30	0 53	74.57	24.55	25 20
2	Ⅷ09	49.57	2.00	15.37	3.26	10.38	0.19	5.94	9.24	3.10	0.68	0.19	0.25	1.36	0.68	74.25	30.25	25.43
3	Ⅷ05	50.66	0.58	17.84	2.08	7.37	0.17	8.52	9.55	2.25	0.82	0.16	0.17	1.25	0.81	75.51	23.87	40.49
4	XⅦ8	59.34	0.86	17.97	2.20	3.57	0.11	3.61	6.05	4.90	1.25	0.14	0.34	1.69	0.88	81.14	56.55	23.25
5	XⅦ20	61 90	0 80	15.47	1.44	5 03	0.13	3 10	5 80	3.13	3.03	0.16	0 40	1.82	0 82	77 90	58.54	19.71
6	XⅦ21	63.21	0.68	16.70	1.38	3.89	0.05	2.42	4.36	3.93	3.18	0.19	0.43	2.02	0.94	81.00	65.94	16.35
7	Ⅷ03	66.94	0.54	15.28	1.81	3.47	0.11	1.50	3.31	3.79	3.12	0.12	0.45	2.18	0.98	73.99	72.60	10.96
8	Ⅷ04	70.38	0.53	15.48	0.42	2.02	0.06	1.14	6.44	3.11	0.30	0.13	0.22	1.37	0.90	50.75	63.69	16.31
9	XⅦ22	71.97	0.56	13.95	0.35	1.84	0.03	1.26	5.12	3.68	1.11	0.13	0.34	1.67	0.84	59.86	71.87	15.29
10	Ⅷ06	74.86	0.30	14.08	0.26	1.55	0.02	0.46	4.54	3.68	0.18	0.06	0.27	1.52	0.97	48.27	73.91	7.50
	平均值	62.81	0.95	15.28	1.42	5.12	0.11	3.01	5.78	3.47	1.91	0.15	0.36	1.94	0.86	71.20	58.69	17.57
	天山花岗岩	70.44	0.33	14.27	1.64	1.74	0.05	0.82	1.98	3.89	4.00	0.09	0.55	2.89	0.99	77.13	83.83	6.78
	中国花岗岩	70.40	0.32	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79	0.18	0.52	2.71	1.04	74.44	83.19	8.58

说明 1：碱值=（Na_2O+K_2O）/Al_2O_3，据洪大卫碱值<0.9 为钙碱性，0.9～1.0 为偏碱性，>1.0 为碱性；碱度率 AR=（Al_2O_3+CaO+（Na_2O+K_2O））/（Al_2O_3+CaO-（Na_2O+K_2O））；铝饱和指数 A/CNK=Al_2O_3/（$CaO+Na_2O+K_2O$）（分子比），A/CNK>1.1 为强过铝，1.0＜A/CNK＜1.1 为弱过铝，A/CNK＜1.0 为准铝；风化指数 WI=（（Na）a/0.35+（Mg）a/0.9+（K）a/0.25+（Ca）a/0.7）×100；分异指数 DI=q+or+ab+ne+lc+kp； 固结指数 SI=100×MgO/（$MgO+Fe_2O_3+FeO+Na_2O+K_2O$）

4.1.2 阔尔库序列

阔尔库序列化学分析数据及参数计算见表 4—2。

表 4—2 阔尔库序列岩石化学铁调整及百分化数据（10^{-2}）及参数计算表

序号	样号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	碱值	AR	A/CNK	WI	DI	SI
1	Ⅷ02	64.62	1.07	15.18	1.23	5.58	0.15	1.20	3.33	3.96	3.40	0.29	0.48	2.32	0.93	77.16	70.74	7.81
2	Ⅵ-01	68.29	0.53	15.48	1.15	3.49	0.05	1.80	2.03	3.87	3.10	0.20	0.45	2.32	1.15	72.16	76.35	13.43
3	D2444	71.28	0.34	14.69	0.91	2.52	0.04	0.71	1.72	4.04	3.66	0.10	0.52	2.77	1.07	74.67	83.58	5.96
4	Ⅷ01	74.30	0.28	12.87	0.62	2.07	0.05	0.30	0.60	3.47	5.38	0.06	0.69	4.83	1.02	80.03	91.79	2.53
5	Ⅵ-02	76.46	0.11	12.89	0.33	1.33	0.02	0.07	0.23	3.11	5.42	0.03	0.66	4.71	1.13	75.45	94.54	0.65
	平均值	70.99	0.47	14.22	0.85	3.00	0.06	0.82	1.58	3.69	4.19	0.14	0.56	3.39	1.06	75.89	83.40	6.08
	天山花岗岩	70.44	0.33	14.27	1.64	1.74	0.05	0.82	1.98	3.89	4.00	0.09	0.55	2.89	0.99	77.13	83.83	6.78
	中国花岗岩	70.40	0.32	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79	0.18	0.52	2.71	1.04	74.44	83.19	8.58

参数计算方法同表 4—1 说明

本序列的 SiO_2、TiO_2、K_2O 平均值高于中国花岗岩与天山花岗岩的平均值，Al_2O_3 和 CaO 平均值偏低。阔尔库序列碱值=（Na_2O+K_2O）/Al_2O_3<0.9，为钙碱性。铝饱和度基本大于 1.0 小于 1.1 为弱过铝质岩类。随着 SiO_2 含量的增加分异指数 DI 由小到大，反映岩浆分异程度较好。固结指数 SI 远小于 40，证明岩浆演化是分异作用的结果。新鲜花岗岩风化指数为 80，完全风化的花岗岩为 30，阔尔库序列的 WI 值均大于 70，表明采样岩石较新鲜，具有代表性。从稳定增高的酸度、碱值、碱度率、分异指数和稳定降低的固结指数来看，阔尔库序列的岩浆是连续演化的。

4.2 拉斯台－塔尔塔夏岩浆带

4.2.1 拉斯台序列

拉斯台序列的地球化学特征如表 4—3。该序列的 SiO_2、CaO 百分含量总体低于天山花岗岩和全国花岗岩平均值，TiO_2、MnO 和 Na_2O 的含量总体高于天山花岗岩和全国花岗岩平均值。该序列碱值=（Na_2O+K_2O）/Al_2O_3 小于 0.9，为钙碱性系列。铝饱和度为准铝一强过铝质岩类。

表 4—3 拉斯台序列岩石化学铁调整及百分化数据（10^{-2}）及参数计算表

序号	样品	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	碱值	AR	ACNK	WI	DI	SI
1	D2222	64.87	1.14	14.34	2.522	4.2	0.19	1.24	2.3	5.1	3.8	0.31	0.62	3.30	0.86	88.55	79.43	7.35
2	D2245	67.11	0.96	14.09	2.17	3.39	0.18	1.01	1.93	4.82	4.09	0.24	0.63	3.51	0.89	86.86	82.66	6.54
3	V-2/1	67.23	1.13	14.01	2.41	3.19	0.19	1.00	1.53	5.37	3.65	0.28	0.64	3.77	0.90	87.14	84.49	6.4
4	V-01	67.97	0.95	14.21	1.94	3.58	0.18	0.66	1.34	4.84	4.07	0.24	0.63	3.68	0.96	84.41	84.38	4.4
5	XI-01	68.68	0.93	13.66	1.205	3.9	0.29	1.26	1.2	4.85	3.7	0.21	0.63	3.71	0.96	82.65	84.34	8.45
6	D383	70.50	0.36	15.74	0.71	2.2	0.05	0.58	0.5	4.78	4.5	0.06	0.59	3.67	1.15	85.14	89.43	4.54
7	X-01	71.81	0.35	14.07	0.633	2.6	0.03	0.42	0.7	4.73	4.6	0.06	0.66	4.43	1.00	85.60	90.17	3.23
	平均值	68.31	0.83	14.30	1.66	3.29	0.16	0.88	1.36	4.93	4.06	0.20	0.63	3.72	0.96	85.76	84.99	5.84
	天山花岗岩	70.44	0.33	14.27	1.64	1.74	0.05	0.82	1.98	3.89	4.00	0.09	0.55	2.89	0.99	77.13	83.83	6.78
	中国花岗岩	70.40	0.32	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79	0.18	0.52	2.71	1.04	74.44	83.19	8.58

参数计算方法同表 4—1 说明

第五章 微量元素地球化学特征

5.1 微量元素地球化学特征

微量元素指含量小于0.1%的元素，即低于1000ppm的元素，本节讨论的微量元素应属于狭义的微量元素范畴，它是指除稀土元素和同位素以外的，在岩石中含量极少的那一部分元素。微量元素的研究已成为现代岩石学的一个关键组成部分，比主要元素更能有效地区分岩石学过程。在花岗岩研究中，微量元素的研究显得尤为重要。微量元素地球化学分析对于研究花岗岩类的成岩模型、物质来源及成岩构造背景等方面具有重要意义。

5.1.1 赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合的微量元素地球化学特征

5.1.1.1 赛肯都鲁序列

序列微量元素含量见表5—1，亲铜、亲铁及部分亲石元素平均含量及变化系数见表5—2，与维氏值相比，序列中大多数大离子亲石元素如Ba、Rb、Y、Ta、Li、Be、Zr、Nb、Cr含量偏低，大离子亲石元素蛛网图的形成环境与火山弧花岗岩的一般特征有一定相似性，图解呈Rb、Th峰，Ta—Nb槽，表明岩体受上地壳混染，因上地壳富Rb和Th（图5—1）。

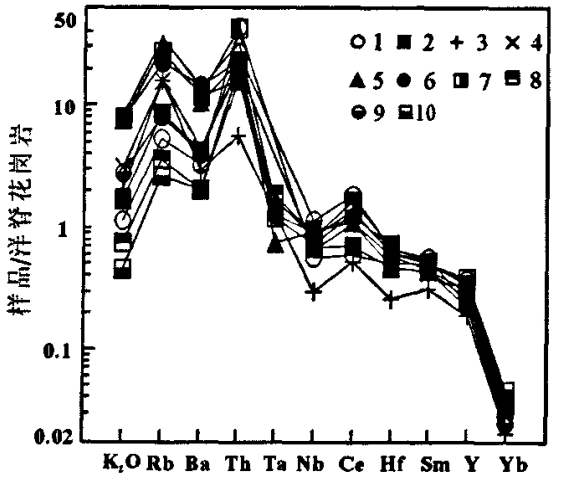


图5—1 赛肯都鲁序列大离子亲石元素图解

地幔富集的亲铁元素如Sc、Co含量偏高，不相容元素Hf含量偏高，Cr含量偏低，Sr含量接近维氏值。以上说明赛肯都鲁序列是壳幔混和成因的花岗岩体。由早到晚，Co、Ni、Zn、Bi元素含量逐渐减少。亲铜元素中Cu在中酸性岩中的含量较低，Pb、As、Sb元素在中性岩中含量较高，Zn元素含量普遍较低，Ag元素含量与维氏值相差不大，Au元素含量除基性岩脉外其含量是维氏值的6～14倍。

表 5—1 赛肯都鲁序列微量元素分析数据一览表（ppm）

序号	Ba	Rb	Sr	Nb	Th	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Li	Be
1	165.00	21.00	309.00	5.68	34.70	51.40	6.80	4.49	60.10	<0.5	64.00	8.20	2.60
2	209.00	33.90	390.00	6.95	16.10	52.40	41.60	4.21	41.80	<0.5	45.90	8.70	1.32
3	149.00	63.00	326.00	3.00	4.43	99.40	146.00	2.32	30.20	<0.5	33.60	10.40	1.38
4	227	64.0	447	6.50	16.1		32.5	4.34	18.7	<0.5		15.0	
5	533	119	359	9.41	18.1		63.6	5.24	19.6	0.52		15.8	
6	736	87.8	471	9.05	18.3		25.2	6.49	11.4	0.88		7.50	
7	604.00	109.00	284.00	7.23	12.70	3.35	3.20	5.74	13.40	0.83	8.10	13.50	1.50
8	101.00	14.50	394.00	8.25	16.50	3.55	5.90	6.16	13.30	1.33	2.40	4.40	1.83
9	202	32.2	514	11.3	21.6		32.7	5.93	7.62	<0.5		4.70	
10	102.00	10.40	429.00	8.38	13.00	5.55	<1	5.45	6.20	1.17	<1	2.90	1.37

说明：表中序号同表 4—1。

表 5—2 赛肯都鲁序列微量元素近似定量光谱分析成果平均值（10^{-6}）及变化系数表

岩性	样品数	参数	W	Cr	Co	Ni	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Ag	Au
石英闪长岩	34	平均值	1.05	47.73	16.22	18.05	0.57	2.31	17.57	31.54	65.67	5.44	0.44	0.08	0.05	0.68
		变异系数	3.00	5.19	2.28	9.73	0.01	2.10	4.83	10.57	4.41	5.38	6.31	2.93	4.38	3.74
花岗闪长岩	2	平均值	0.69	7.30	6.10	3.90	0.80	2.55	5.20	4.20	32.85	0.65	0.15	0.07	0.05	0.45
		变异系数	0.55	0.33	0.49	0.25	0.03	0.08	0.33	0.13	0.09	0.33	0.19	0.11	0.06	0.16
基性岩维氏值			1	200	45	160	1.4	1.5	100	0.2	130	2	1	0.007	0.10	0.1
中性岩维氏值			1	50	10	55	0.9		35	0.5	72	2.4	0.2	0.01	0.07	0.07
酸性岩维氏值			1.5	25	5	8	1	3	20	20	60	1.5	0.26	0.01	0.05	0.05

注：Au 的单位为$\times 10^{-9}$，维氏值资料据维诺格拉多夫（1962）

5.1.1.2 阔尔库序列

阔尔库序列微量元素数据见表 5—3（表中序号同表 4—2 序号和样品号）。

表 5—3 阔尔库序列微量元素分析数据一览表（ppm）

序号	Ba	Rb	Sr	Y	Nb	Th	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Li	Be
1	697.00	138.	272.	43.40	12.80	25.30	4.15	6.00	10.70	16.20	1.07	7.30	11.00	1.86
2	563	107	171	14	10.3	10.7	9.75	14.3	3.76	13.3	1.09	9.2	13	1.21
3	940	97.9	216	19	8.54	13	7.35	4 2	3.29	6.74	1.08	4.5	5.7	1.42
4	618.00	198.	138.	46.10	12.30	33.90	8.15	3.60	6.48	5.80	1.79	1.30	6.00	2.22
5	730	178	78.7	9.5	9.91	13	8.95	4.15	1.96	1.86	1.47	<1	4.05	1.27

表中序号同表 4—2

与维氏值相比，序列中大多数大离子亲石元素如 Rb、Y、Li、Be、Nb 含量偏低，亲铁元素如 Sc、Ni、Co 含量偏高，不相容元素 Hf 含量偏高，Th 含量偏低，Cr 含量偏低，大离子亲石元素蛛网图的形成环境与同碰撞花岗岩的一般特征相似（图 5—2）。

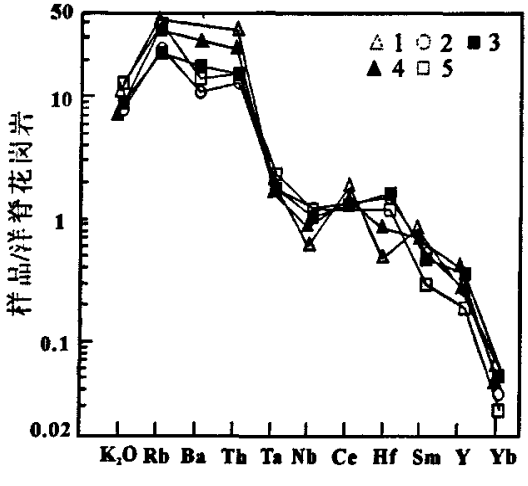


图 5—2 阔尔库序列大离子亲石元素蛛网图

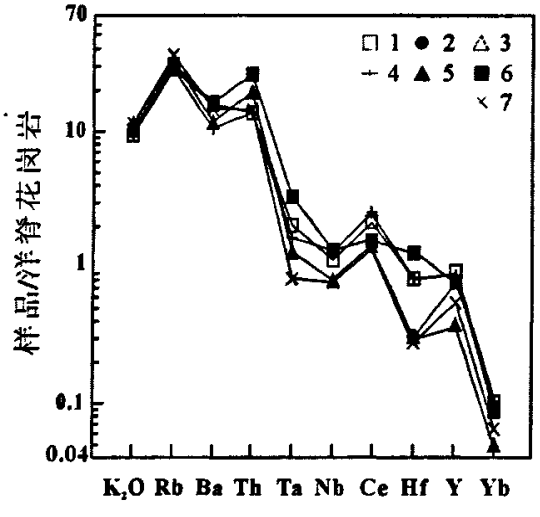


图 5—3 拉斯台序列大离子亲石元素蛛网图

5.1.2 拉斯台—塔尔塔夏岩浆带

5.1.2.1 拉斯台序列

拉斯台序列微量元素含量见表 5—4（表中序号同表 4—3 序号和样品号），与维氏值相比，地幔富集的亲铁元素如 Sc、Ni、Co 含量偏高，不相容元素 Hf 含量偏高，Th 含

量偏低，Cr、Sr 含量偏低。序列中大多数大离子亲石元素如 Ba、Rb、Ta、Li、Be、Nb 含量偏低，Y 含量偏高。大离子亲石元素蛛网图的形成环境与火山弧花岗岩的一般特征有一定相似性（图 5－3）。

表 5－4　拉斯台序列微量元素分析数据一览表（10^{-6}）

序号	Ba	Rb	Sr	Nb	Th	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Li	Be
1	784	112	232	11.3	10.9	<1	9.25	7.46	16.8	1.42	4.4	7.2	2.06
2	744	124	194	11.90	10.80	2.55	5.80	6.58	15.00	1.33	5.15	5.60	2.33
3	607	93.2	132	14.4	27.4		5.20	9.44	14.2	5.20		9.44	
4	793	122	165	13.2	20.8	3.05	7.9	11.4	16.1	2.32	3.1	5.9	2.16
5	526	114	127	13.4	10.8	3.45	1.6	7.47	14.5	1.17	5.4	8.5	2.41
6	715	143	55.6	7.77	11.6	5.25	3.6	2.46	8.47	0.57	1.3	9.6	1.34
7	586	133	51.1	8.02	15.4	3.25	6.3	2.74	7.14	0.9	4.4	10.5	1.06

表中序号同表 4－3

5.2 稀土元素地球化学特征

稀土元素（La－Lu、Y）为地球化学性质极为相似的一组元素组合，在各种地质作用过程中，它们会作为一个“整体”而迁移。当地质环境发生明显改变时，稀土元素会发生相应的分馏效应。稀土元素能够比较准确的反映岩石的地球化学特征，因此稀土元素地球化学研究对于探索花岗岩类的岩石成因、物质来源及其演化规律等有重要的意义。稀土元素配分型式可以为花岗岩的物质来源及岩石成因或成岩过程提供一些证据。

5.2.1 赛肯都鲁－阔尔库超动岩组合的稀土元素地球化学特征

5.2.1.1 赛肯都鲁序列

赛肯都鲁序列稀土含量见表 5－5，稀土元素标准化数据见表 5－6。赛肯都鲁序列稀土总量为 69.8～307.5×10^{-6}，LREE/HREE 比值介于 1.2～4.6。岩浆分异程度愈高则 δEu 值愈小，铕亏损愈强烈，赛肯都鲁序列岩浆分异度 δEu 值总体小于 1，表明岩浆分异程度较好。稀土配分曲线斜率 $(La/Yb)_N$ 比值介于 2.3～12.4。轻重稀土分异较明显。赛肯都鲁序列各岩类轻稀土元素分馏度 $(La/Sm)_N$ 值为 1.4～5.3，即轻稀土富集程度高。赛肯都鲁序列中重稀土元素分馏度 $(Gd/Yb)_N$ 值为 0.96～1.61，平均 1.31，大于一般壳型花岗岩重稀土元素分馏度值（约等于 1），推测为壳幔混源的产物。

表 5—5 赛肯都鲁序列稀土元素分析数据一览表（10^{-6}）

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	LREE	HREE	LREE/HREE	S 总量	σEu
1	10.3	21 1	3.76	16.7	4.52	1 62	5.22	0 96	6.44	1 27	3.42	0.50	2.92	0 38	25.6	58.00	46 71	1.24	104 71	1 02
2	11.9	24.4	3.75	16.1	3 93	1.49	4.51	0 83	5.23	1.03	2.96	0.45	2.59	0.34	21.9	61.57	39.84	1.55	101.41	1.08
3	8.95	18.1	2.58	12.1	2.79	0.94	2.88	0.51	3.19	0.62	1.88	0.27	1.62	0.22	13.2	45.46	24.39	1.86	69.85	1.01
4	19.7	37.4	4.37	17.3	3.84	1.29	3.71	0.59	4.24	0.86	2.59	0.40	2.27	0.30	18.9	83.90	33.86	2.48	117.76	1.03
5	21 2	38.9	4 78	19.2	4 09	1.00	3.91	0.71	4.69	0 88	2 74	0.42	2.60	0 32	20 9	89.17	37.17	2.40	126.34	0.75
6	23.1	42.0	4.57	18.6	3.91	1.08	3.34	0.57	3.53	0.68	2.21	0.30	1.87	0.25	15.5	93.26	28.25	3.30	121.51	0.89
7	34.6	66.6	8.80	38.4	8.64	2.32	8.29	1.47	9.45	1.94	5.54	0.84	5.17	0.69	23.0	159.36	76.79	2.08	236.15	0.83
8	39.4	57.4	6.53	24.3	4.63	0.79	4.27	0.80	5.04	1.05	3.22	0.49	3.11	0.41	23.8	133.05	42.19	3.15	175.24	0.53
9	36.2	64.6	7.21	28.9	5.11	1.42	3.93	0.62	3.94	0.80	2.38	0.34	1.97	0.25	16.5	143.44	30.73	4.67	174.17	0.93
10	27.4	47.7	5.58	21.4	4.49	1.21	4.37	0.84	5.51	1.23	3.73	0.56	3.66	0.50	26.7	107.78	47.10	2.29	154.88	0.83

表中序号同表 4—1

表 5—6 赛肯都鲁序列稀土元素标准化数据一览表

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$
1	28.77	23.02	28.36	24.67	20.72	19.18	18.53	17.93	17.92	15.46	16.00	14.81	12.82	11.80	2.38	1.43	1.44
2	38.39	30.20	30.74	26.83	20.15	20.27	17.41	17.51	16.24	14.35	14.10	13.89	12.39	10.56	3.10	1.90	1.41
3	28.87	22.40	21.15	20.17	14.31	12.79	11.12	10.76	9.91	8.64	8.95	8.33	7.75	6.83	3.72	2.02	1.43
4	63.55	46.29	35.82	28.83	19.69	17.55	14.32	12.45	13.17	11.98	12.33	12.35	10.86	9.32	5.85	3.23	1.32
5	68.39	48.14	39.18	32.00	20.97	13.61	15.10	14.98	14.57	12.26	13.05	12.96	12.44	9.94	5.50	3.26	1.21
6	74.52	51.98	37.46	31.00	20.05	14.69	12.90	12.03	10.96	9.47	10.52	9.26	8.95	7.76	8.33	3.72	1.44
7	111.61	82.43	72.13	64.00	44.31	31.56	32.01	31.01	29.35	27.02	26.38	25.93	24.74	21.43	4.51	2.52	1.29
8	127.10	71.04	53.52	40.50	23.74	10.75	16.49	16.88	15.65	14.62	15.33	15.12	14.88	12.73	8.54	5.35	1.11
9	116.77	79.95	59.10	48.17	26.21	19.32	15.17	13.08	12.24	11.14	11.33	10.49	9.43	7.76	12.39	4.46	1.61
10	88.39	59.03	45.74	35.67	23.03	16.46	16.87	17.72	17.11	17.13	17.76	17.28	17.51	15.53	5.05	3.84	0.96

说明：表中序号同表 4—1。分析值/某推荐岩类的球粒陨石值=稀土元素标准化值；花岗岩类推荐球粒陨值依据花岗岩类区 1：5 万区域地质填图方法指南

稀土元素配分图解显示出向右倾状（图 5—4），铕亏损不显著。

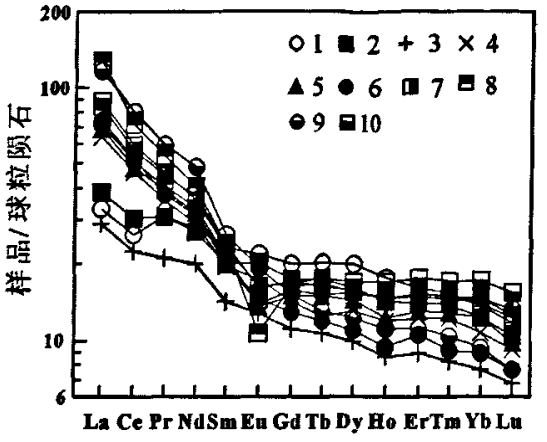


图 5—4 赛肯都鲁序列稀土元素配分图解

稀土元素经球粒陨石标准化值与原子序数之间不遵守对数直线关系，而呈现每四个一组（第 1 组：La—Ce—Pr—Nd；第 2 组：Pm—Sm—Eu—Gd；第 3 组：Gd—Tb—Dy—Ho；第 4 组：Er—Tm—Yb—Lu），每组又同时呈上凸或下凹曲线形态，称作稀土元素四重效应（tetrad effect）。因缺 Pm 值（一般为非天然 REE）和 Eu 通常呈异常，使第 2 组曲线上凸或下凹效应不明显；第 4 组是发育最差的。因此，观察是否存在四重效应，通常以第 1、3 两组为主要观察对象。按其形态，四重效应可分为两种类型（Masuda, A., et al.,1987）：每组曲线呈上凸的配分曲线称为 M 型四重效应，主要见于高分异（高演化）浅色花岗岩，由花岗质熔体在开放体系中与富挥发分（F，Cl）流体相互作用（反应）造成。另一类，呈下凹的配分曲线，称 W 型四重效应，主要见于海相环境，如海水和海相生物、藻类、珊瑚、贝壳、石灰岩等，以及浅位地下水，是液—液反应所致。

四重效应的强弱与花岗岩演化程度同步，与花岗岩中矿物（包括副矿物物）分馏关系不大，它们是继承熔体整体性状。赛肯都鲁岩体第一组 La—Ce—Pr—Nd 曲线凸凹效应不明显，无四重效应，第 3 组 Gd—Tb—Dy—Ho 曲线较复杂，凸凹效应不明显样品序列号为：1、3、6、7、8；具 M 型四重效应的样品序列号为：2、5、9、10，且四重效应表现较弱；具 W 型四重效应的样品序列号为 4。由此可推断赛肯都鲁岩体是分阶段具较高分异程度的岩浆演化产物，与氧化物—LgSI（固结指数）图解得出的结论吻合。并表现出壳幔混和的特点。

以上特征表明赛肯都鲁序列为壳幔混和成因的较高分异程度的花岗岩。

5.2.1.2 阔尔库序列

阔尔库序列稀土含量见表 5—7，稀土元素标准化数据见表 5—8（两表中序号同表 4—2 序号和样品号）。

表 5—7 阔尔库序列稀土元素分析数据一览表（10^{-6}）

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LREE	HREE	总量	LREE/HREE	σ Eu
1	34 6	66 6	8 80	38 4	8 64	2 32	8 29	1 47	9.45	1 94	5 54	0 84	5 17	0 69	15936	76 79	4299	2 08	0 83
2	27	45	4.4	19	3.8	0.9	3.1	0.5	3.1	0.6	1.8	0.3	1.9	0.3	9937	11.51	22458	8.63	0.78
3	35	50	5.6	24	4.4	1	3.5	0.6	4.3	0.8	2.7	0.4	2.6	0.4	11900	15.36	27266	7.75	0.71
4	56.0	101	11.5	46.7	9.36	1.06	8.16	1.47	9.93	2.05	6.18	0.96	6 07	0.79	22582	81.71	57296	2.76	0 36
5	23	35	3.4	12	2	0.4	1.8	0.3	1.9	0.4	1.2	0.2	1.3	0.2	7532	7.32	17074	10.29	0.59

表中序号同表 4—2

表 5—8 阔尔库序列稀土元素标准化数据一览表

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$
1	111.61	82.43	72.13	64.00	44.31	31.56	32.01	31.01	29.35	27.02	26.38	25.93	24.74	21.43	4.51	2.52	1.29
2	86.45	55.07	36.31	31.50	19.64	12.38	12.08	10.76	9.53	8.08	8.67	8.64	8.85	8.39	9.77	4.40	1.37
3	11194	61.51	45.49	39.50	22.56	12.93	13.67	13.08	13.35	11.70	12.67	12.35	12.58	11.49	8.90	4.96	1.09
4	18129	125.0	94.26	77.83	48.00	14.42	31.51	31.01	30.84	28.55	29.43	29.63	29.04	24.53	6.24	3.78	1.08
5	74.84	42.95	27.54	19.50	10.21	5.03	6.95	6.96	5.96	5.01	5.76	5.86	6.32	5.90	11.85	7.33	1.10

表中序号同表 4—2，稀土标准化方法及采用的球粒陨石值同表 5—6。

稀土元素配分图（图 5—5）显示出向右倾状，“V”谷较明显，铕亏损明显，未表现稀土元素四重效应。阔尔库序列稀土总量为 236.1～307.5×10^{-6}，LREE/HREE 比值介于 2.08～2.76。阔尔库序列岩浆分异度 δEu 值总体小于 1，表明岩浆分异程度较好。稀土配分曲线斜率 $(La/Yb)_N$ 比值介于 4.5～11.85，

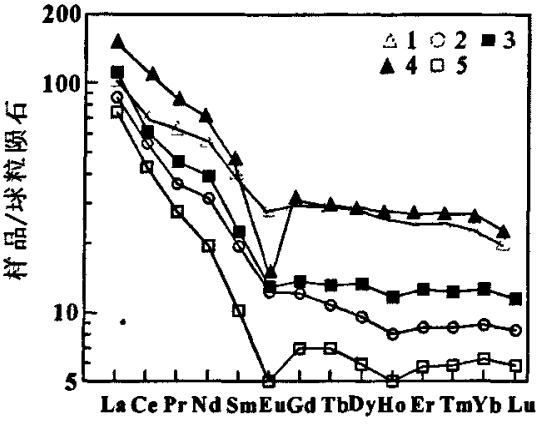


图 5—5 阔尔库序列稀土元素配分图

轻重稀土分异较明显。轻稀土元素分馏度 $(La/Sm)_N$ 值为 2.52～7.33，即轻稀土富集程

度较高。重稀土元素分馏度（Gd/Yb）$_N$ 值越小表明分馏程度越好，重稀土越富集。阔尔库序列中（Gd/Yb）$_N$ 值为 1.08～1.37，平均 1.18，与一般壳型花岗岩（Gd/Yb）$_N$≈1 相似，从稀土元素含量及配分模式上表明阔尔库序列为壳源成因的花岗岩。

5.2.2 拉斯台一塔尔塔夏岩浆带

5.2.2.1 拉斯台序列

拉斯台序列稀土含量见表 5—9，稀土元素标准化数据见表 5—10（两表中序号同表 4—3 序号和样品号）。

表 5—9 拉斯台序列稀土分析数据一览表（10^{-6}）

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	LREE	HREE	总量	LREE/HREE	σ Eu
1	40.2	76.4	12.4	53.4	13.4	4.04	12.4	2.3	16.6	3.3	9.68	1.39	8.28	1.05	66.4	199.84	121.4	321.24	1.65	0.94
2	32.0	54.0	9.19	38.5	10.5	3.28	10.8	1.93	15.7	3.32	9.94	1.52	9.11	1.17	69.60	147.47	123.09	270.56	1.20	0.93
3	45.2	92.4	12.2	49.0	11.8	2.77	11.3	2.02	14.5	2.96	8.65	1.21	7.67	1.00	61.6	213.37	110.91	324.28	1.92	0.72
4	27.4	55.5	9.02	39	9.64	2.85	9.58	1.8	12.8	2.65	7.84	1.16	6.98	0.9	55	143.41	98.71	242.12	1.45	0.90
5	55.1	88.7	14	56.1	12.9	2.97	11.6	2.02	15.6	3.14	8.88	1.35	8.2	1.03	61.7	229.77	113.52	343.29	2.02	0.73
6	33.7	56.5	7.78	31	7.43	1.65	6.78	1.27	9.05	1.8	5.39	0.84	5.21	0.67	38.5	138.06	69.51	207.57	1.99	0.70
7	31.2	50.5	7.13	28.4	5.63	1.41	5.02	0.91	5.99	1.26	3.98	0.64	3.97	0.54	26.5	124.27	48.81	173.08	2.55	0.80

表中序号同表 4—3

表 5—10 拉斯台序列稀土元素标准化数据一览表

序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	$(La/Yb)_N$	$(La/Sm)_N$	$(Gd/Yb)_N$
1	129.68	94.55	101.64	89.00	68.72	54.97	47.88	48.52	51.55	45.96	46.10	42.90	39.62	32.61	3.27	1.89	1.21
2	103.23	66.83	75.33	64.17	53.85	44.63	41.70	40.72	48.76	46.24	47.33	46.91	43.59	36.34	2.37	1.92	0.96
3	145.81	114.36	100.00	81.67	60.51	37.69	43.63	42.62	45.03	41.23	41.19	37.35	36.70	31.06	3.97	2.41	1.19
4	88.39	68.69	73.93	65.00	49.44	38.78	36.99	37.97	39.75	36.91	37.33	35.80	33.40	27.95	2.65	1.79	1.11
5	177.74	109.78	114.75	93.50	66.15	40.41	44.79	42.62	48.45	43.73	42.29	41.67	39.23	31.99	4.53	2.69	1.14
6	108.71	69.93	63.77	51.67	38.10	22.45	26.18	26.79	28.11	25.07	25.67	25.93	24.93	20.81	4.36	2.85	1.05
7	100.65	62.50	58.44	47.33	28.87	19.18	19.38	19.20	18.60	17.55	18.95	19.75	19.00	16.77	5.30	3.49	1.02

说明：表中序号同表 4—3，稀土标准化方法及采用的球粒陨石值同表 5—6

稀土元素配分图（图 5－6）显示出向右倾状，“V”谷不明显，第一组 La—Ce—Pr—Nd 曲线表现出明显的W型稀土元素四重效应，第 3 组 Gd—Tb—Dy—Ho 曲线只有 2 号（样品 D2245）和 4 号（样品Ⅴ-01）表现出 W 型稀土元素四重效应。说明该序列花岗质熔体在开放体系中与富挥发分（F，Cl）流体相互作用（反应）造成的。LREE/HREE 比值介于 1.2～2.5，轻稀土富集程度较高。拉斯台序列岩浆分异度 δEu 值均小于 1（0.7～0.9），表明岩浆分异程度较高。稀土配分曲线斜率 $(La/Yb)_N$ 比值介于 2.3～5.3。序列各岩类轻稀土元素分馏度 $(La/Sm)_N$ 值为 1.79～3.49，即轻稀土富集程度高。重稀土元素分馏度 $(Gd/Yb)_N$ 值为 1.02～1.21，平均 1.01，与一般壳型花岗岩 $(Gd/Yb)_N \approx 1$ 相似，说明其重稀土分馏程度较好。从稀土元素含量及配分模式上表明拉斯台序列为壳源成因的花岗岩。

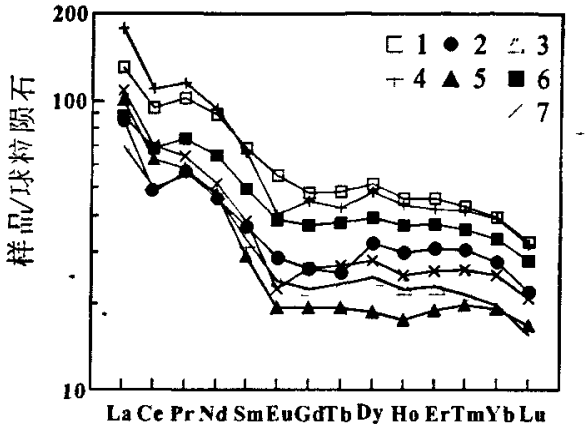


图 5－6 拉斯台序列稀土元素配分图

第六章 花岗岩形成构造环境探讨

6.1 岩体的成因类型

花岗岩是自然界中分布最广的火成岩，是地壳的重要组成部分。由于花岗岩是在不同的地球动力学条件下产于特定的构造环境中，其来源、生成次序、演化过程各不相同，因此不同地区甚至同一地区内部的花岗岩都有很大差异，对花岗岩进行科学的成因分类也显得尤为重要。20 世纪 70 年代以来，地学界对于花岗岩的成因类型和形成机制的研究取得了许多重要进展。通过研究花岗岩的物质来源、形成方式及其与构造背景的关系等多种途径，不同的研究者提出了各种花岗岩成因分类。

迄今为止，文献中已出现有 20 多种分类方法，最具代表的有:Chappell 和 White(1974)按源岩性质将花岗岩分为由镁铁质变火成岩熔融形成的 I 型花岗岩和由变沉积岩熔融形成的 S 型花岗岩:日本学者石原舜三(1977)根据岩浆结晶的氧逸度划分为磁铁矿系列和钛铁矿系列花岗岩类；Pearce 按照形成构造环境划分为洋脊、火山弧、板内和碰撞带花岗岩四大类 13 亚类。另外，Collins(1982)鉴别出产于非造山环境下的无水的碱性花岗岩，即 A 型花岗岩，还有通常与蛇绿岩套有关的 M 型花岗岩(Pitcher，1983)．Eby（1990）把 A 型花岗岩分为卷入造山带的非造山环境的 A 型花岗岩（A_1型）和造山期后环境的 A 型花岗岩（A_2型）。

国内花岗岩类的研究以华南地区较为深入，其中以徐克勤的分类在国内影响较大。徐克勤等（1987）将华南花岗岩划分为四个成因系列：地壳花岗岩化系列、同熔系列、碱性系列和幔源系列。张德全等（1988）、张玉泉等（1995）分别将中国东部与横断山区花岗岩划分为幔源型（M 型）、壳幔（混合）源型（CM 型）和壳源型（C 型）。张本仁等（1994）以 I 型、S 型、I-S 过渡型、S-I 过渡型、A 型及 M 型来表征秦巴地区的花岗岩类成因类型。

一般说来，花岗岩从岩浆的形成、运移到就位于某一特定部位是一个极其复杂的过程。因此从单一的源岩成分或地球化学参数对花岗岩进行分类都过于将问题简单化，而花岗岩的多源物质混合成因越来越得到重视。这种混合可以是壳、幔物质的二元混合产物，也可能是三元混合产物，如长英质上地壳、基性下地壳物质、幔源基性物质或陆壳、洋壳、地幔物质等(王涛，2000)。

Bernand Barbarin(1999)充分考虑到花岗岩的矿物组合、岩石类型、野外产状及地球化学特征将花岗岩分为:含白云母的过铝花岗岩类(MPG)、含堇青石富黑云母的过铝花

岗岩类(CPG)、富钾具有钾长石斑状结构的钙碱性花岗岩类(KCG)；富角闪石的钙碱性花岗岩类(ACG)、.岛弧拉斑玄武质花岗岩类(ATG)，洋脊拉斑玄武质花岗岩类(RTG)、过碱性和碱性花岗岩类(PAG)。并明确提出壳源(过铝质花岗岩)，幔源(如碱性花岗岩)及壳幔混合(钙碱性花岗岩)三种花岗岩成因分类，将它们同构造演化环境相联系，同时强调了幔源物质在花岗岩形成过程中的重要作用，显示了花岗岩形成过程混合作用的重要性。

6.1.1 赛肯都鲁序列

侵入下石炭统大哈拉军山组的赛肯都鲁序列，岩石类型主要以花岗闪长岩和石英闪长岩为主。岩石的主要矿物组成为石英、碱性长石、角闪石和黑云母以及少量辉石，副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石。从主量元素看，Al_2O_3 含量中等、CaO 含量高、Na_2O 含量中等且 $K_2O<Na_2O$，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，属于准铝质钙碱性花岗岩类，所有这些特征都表现出 ACG 类花岗岩即富角闪石的钙碱性花岗岩类的特点，其物质来源为以幔源物质为主的壳幔混合源。该序列大离子亲石元素和稀土元素配分曲线印证了这个结论。

6.1.2 阔尔库序列

阔尔库序列与上石炭伊什基里克组上段为侵入接触，与赛肯都鲁岩体为超动接触关系，岩性主要为二长花岗岩和正长花岗岩。岩石的主要矿物组成为斜长石、石英和钾长石。副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石。从主量元素看，CaO 含量低，Na_2O 含量较低，$Na_2O<K_2O$，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，A/CNK>1，属于弱过铝质钙碱性花岗岩类，所有这些特征都表现出 CPG 类花岗岩即含堇青石过铝花岗岩类的特点，其物质来源为以壳源物质为主。该序列大离子亲石元素和稀土元素配分曲线印证了这个结论。

6.1.3 拉斯台序列

拉斯台序列侵入地层为下石炭统大哈拉军山组下段和阿克沙克组上部，岩性主要为二长花岗岩，塔尔塔夏侵入体位于拉斯台侵入体之西，二者为超动关系，侵入地层为下石炭统大哈拉军山组下段，岩性主要为角闪二长花岗岩。主要矿物组成为斜长石、钾长石和石英。副矿物主要有锆石、磁铁矿、榍石和磷灰石。从主量元素看，CaO 含量低，K_2O 较高，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，A/CNK<1，属准铝质钙碱性花岗岩类，所有这些特征都表现出 KCG 花岗岩即富钾钙碱性花岗岩类的特点，其物质来源为以壳源

物质为主的壳幔混合源。该序列大离子亲石元素和稀土元素配分曲线印证了这个结论。

6.2 岩体构造环境

6.2.1 赛肯都鲁序列

本序列形成的构造环境，在 Rb/10—Hf—3×Ta 构造环境图上（图 6—1）样品落入火山弧型区域内，在 R_1—R_2 构造环境图解上主要位于板块碰撞前的区域（图 6—2），在 Nb—Y 图解和 Rb—（Y+Nb）图解上位于火山弧花岗岩区（图 6—3，图 6—4）。结合该序列岩石化学和微量元素地球化学特征，赛肯都鲁序列为岩浆分异程度较高的火山弧花岗岩。

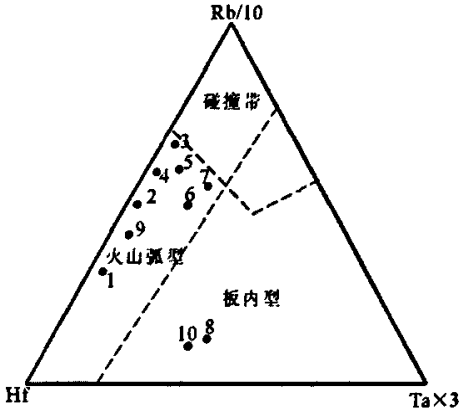


图 6—1 赛肯都鲁序列 Rb—Hf—Ta 图解

（据 Harris 等，1986）

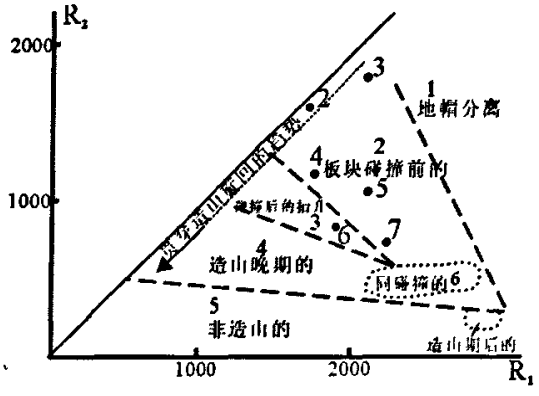


图 6—2 赛肯都鲁序列 R_1—R_2 构造环境图解

（据 R. A. Batchelor，1985）

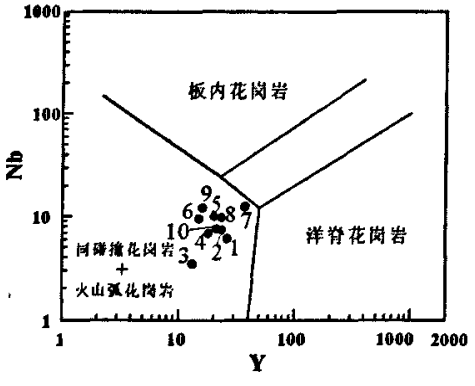


图 6—3 赛肯都鲁序列 Nb—Y 图解

（据 J. A. Pearce，1984）

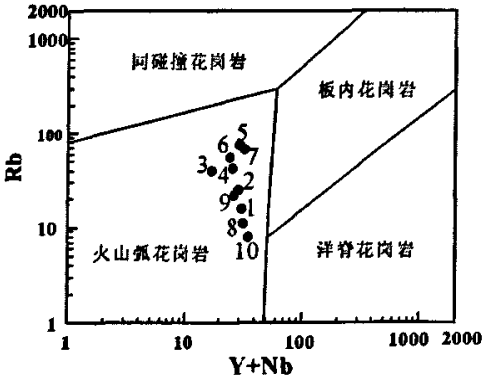


图 6—4 赛肯都鲁序列 Rb—（Y+Nb）图解

（据 J. A. Pearce，1984）

本区大哈拉军山组火山岩与赛肯都鲁序列具有密切的成因和构造配套关系，岩体时代均为早石炭世，其岩性主要为紫红色玄武岩、安山质玄武岩、英安质流纹岩、流纹岩

等，与赛肯都鲁序列花岗岩同属钙碱性过铝质岩石系列。大哈拉军山组火山岩可以对赛肯都鲁序列花岗岩构造环境有很好的指示作用。在 Rb—Y+Nb 构造环境图解（图 6—5）和 Nb—Y 构造环境图解（图 6—6）中，大哈拉军山组火山岩的 12 个样品全部落于火山岛弧构造背景区，在 Hf—Th—Nb 图解（图 6—7）中，全部投点于岛弧玄武岩及分异产物区，在 Ba/Nb—Ba 图解中也落在岛弧玄武岩区（图 6—8）。很好的印证了赛肯都鲁岩体构造环境的判别。

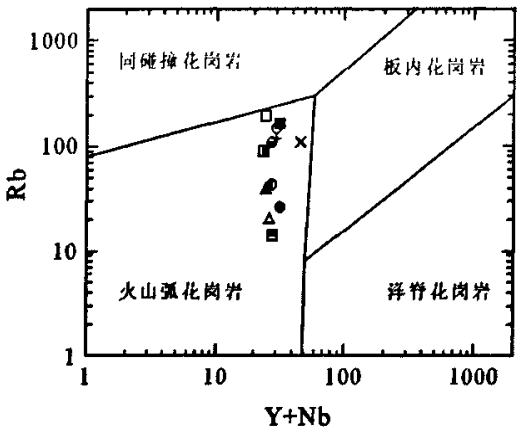


图 6—5 Rb—Y+Nb 构造环境图解

（据 Pearce，1984）

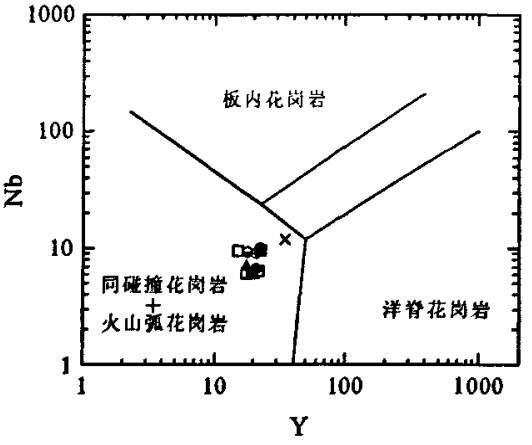


图 6—6 Nb—Y 构造环境图解

（据 Pearce，1984）

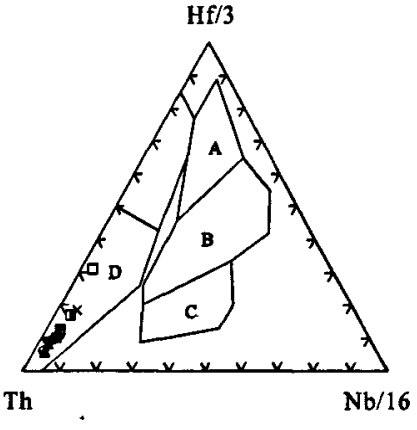


图 6—7 Hf—Th—Nb 图解

（据 Wood，1979）

A:M—MORB； B:P—MORB； C:板内碱性玄武岩及分异产物；D: 岛弧玄武岩及分异产物

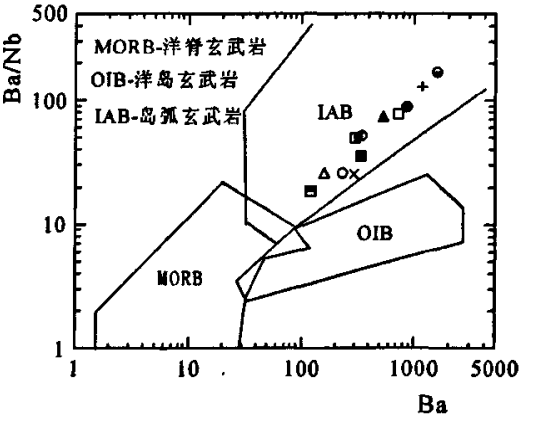


图 6—8 Ba/Nb—Ba 图解

（据 Pearce，1984）

6.2.2 阔尔库序列

本序列的构造环境，在 Rb/10—Hf—3×Ta 构造环境图上（图 6—9）绝大部分样品落入碰撞带区，在 R_1—R_2 构造环境图解上主要位于同碰撞区域（图 6—10），在 Nb—Y

图解中位于火山弧和同碰撞区（图 6—11），在 Rb—（Y+Nb）图解上位于火山弧花岗岩区（图 6—12）。

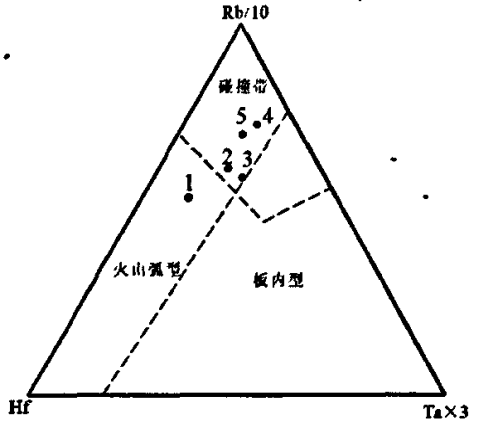


图 6—9 阔尔库序列 Rb—Hf—Ta 图解

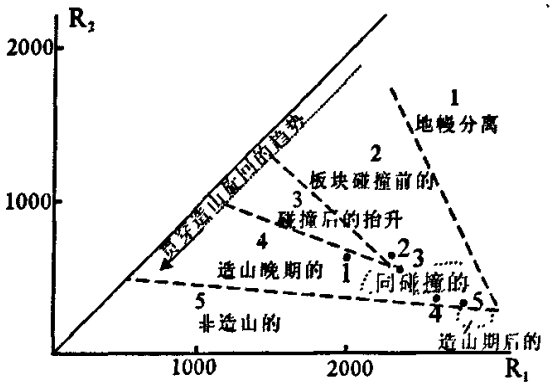


图 6—10 阔尔库序列 R_1—R_2 构造环境判别图解

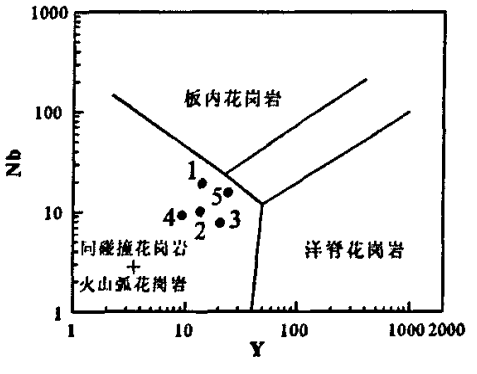


图 6—11 阔尔库序列 Nb—Y 图解

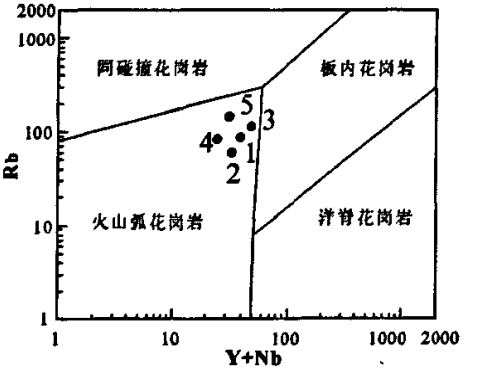


图 6—12 阔尔库序列 Rb—（Y+Nb）图解

因阔尔库岩体为后期侵入，与赛肯都鲁岩体中的石英闪长岩发生混染，导致岩体中的亲地幔富集的亲铁元素如 Sc、Ni 含量偏高，不相容元素 Hf 含量偏高，Y 及 Nb 等偏低，因此在 Nb—Y 图解和 Rb—（Y+Nb）图解上靠近火山弧区，而坎苏与坎苏东独立侵入体的围岩是伊什基里克组上段的火山岩，混染作用强烈，导致亲铁元素如 Sc、Ni 含量偏高，不相容元素 Hf 含量偏高，Y 及 Nb 等偏低，因此在 Nb—Y 图解和 Rb—（Y+Nb）图解上也靠近火山弧区，应分析理解为同碰撞类型，是晚石炭世碰撞拉张的产物。该序列花岗岩为 CPG（含堇青石过铝花岗岩），属大陆碰撞环境，正好印证了碰撞环境的判别。

阔尔库序列与围岩伊什基里克组火山岩也具有密切的成因和构造配套关系，伊什基里克组火山岩成岩时代为晚石炭世，阔尔库序列时代为早二叠世，时间上具有继承性。伊什基里克组火山岩由一套陆相基性—中性—酸性火山岩组成，以钙碱性系列和碱性系列共存为特征（可能有极少量类拉斑系列），碱性系列和钙碱性系列几乎各占一半。岩石普遍低铝，且 K 大于 Na，与岛弧玄武岩和安山岩有本质的差异。岩石组合具有类似双峰式火山岩的特征。玄武岩类岩石化学及地球化学各种参数和图解均显示大陆板内裂谷玄武岩特征（图 6—13～14）。是伊犁微板块晚石炭世裂谷的代表产物。

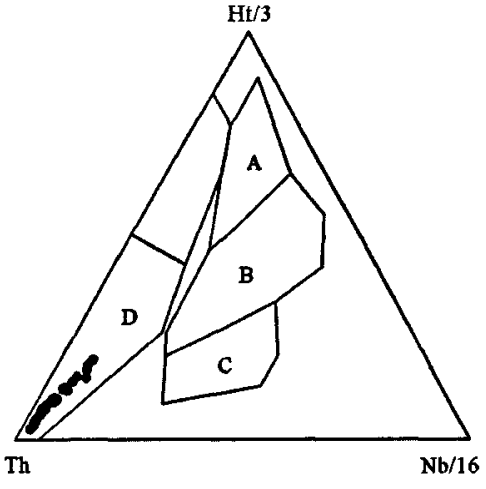


图 6—13 伊什基里克组玄武岩 Hf—Th—Nb 图解

（据 Wood，1980）

A—N-MORB；B—E-MORB，拉斑玄武；C—碱性 WPB 和 WPB，并且有区别；D—消减性板缘玄武岩，并且有区别

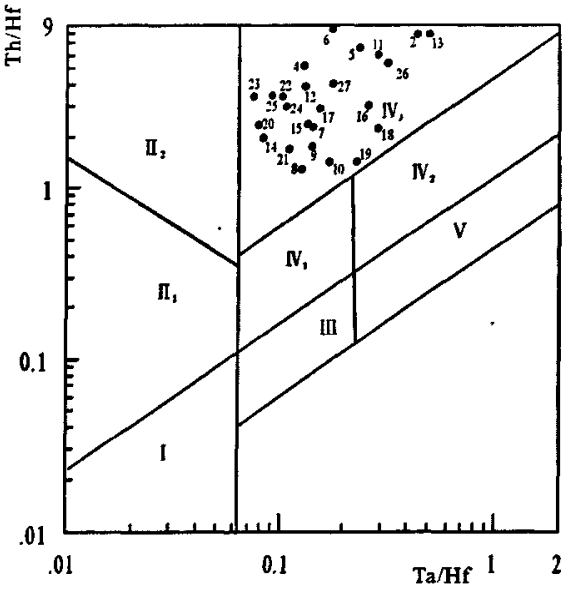


图 6—14 伊什基里克组玄武岩 Th/Hf—Ta/Hf 判别

（据汪云亮，2001）

I—板块发散边缘 N—MORB 区；II—板块汇聚边缘（II_1—大洋岛弧玄武岩区；II_2—陆缘岛弧及陆缘火山弧玄武岩区）；III—大洋板内洋岛、海山玄武岩区及 T—MORB、E—MORB 区；IV—大陆板内（IV_1—陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区；IV_2—陆内裂谷碱性玄武岩区；IV_3—大陆拉张带（或初始裂谷）玄武岩区；V—地幔热柱玄武岩区

在较酸性的岩类图解中，表现出一部分样品的环境与同碰撞和火山弧有相关性。其中，在 Pearce 的中酸性火山岩的 Nb—Y 图解（图 6—15）和 Rb—Nb+Y 图解（图 6—16）中，有较多的样品进入同碰撞和火山弧中，说明本区中酸性火山岩仍记录了大陆外缘弧火山岩演化末期的有关信息，或是本区伊什基里克组火山岩具有部分大陆外缘弧火山岩的演化继承性，同时不排除部分火山岩在形成与演化过程中受大哈拉军山组等早期火山岩混染的可能。

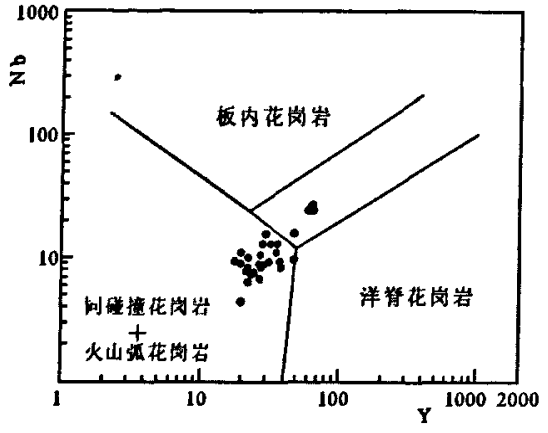


图 6—15 伊什基里克组中酸性火山岩 Nb—Y 图 (Pearce，1984)

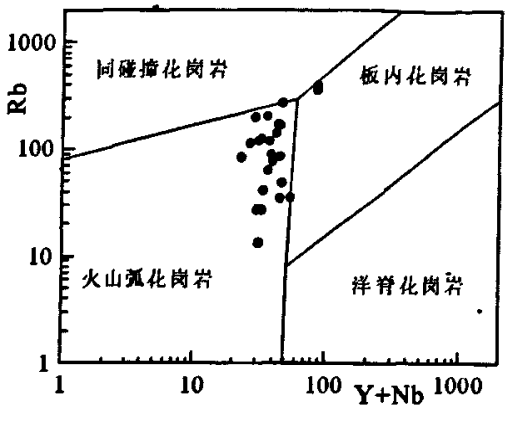


图 6—16 伊什基里克组中酸性火山岩 Rb—Nb+Y 图 (Pearce，1984)

在早石炭世，大哈拉军山组末的伊犁运动，结束了原来的岛弧环境。晚石炭世，中天山微板块与相邻地块拼合形成统一大陆后，在伊犁地块的边缘拉伸产生阿吾拉勒裂谷带，从而形成伊什基里克组双峰式裂谷火山岩系，并保留了大陆外缘弧火山岩演化末期的部分信息。早—中二叠世地壳基本为挤压环境，但局部处于后碰撞的松弛拉张期，阔尔库序列在此构造环境下产出。这些构造环境的研究为重建西天山地质构造演化史提供重要信息。

6.2.3 拉斯台序列

岩体形成的构造环境，在 Nb—Y 图解和 Rb—（Y+Nb）图解上大部分落入板内花岗岩区与火山弧内的分界线上（图 6—17，图 6—18）。以上的环境判别信息结合早石炭总体构造环境（火山弧型为主），可知拉斯台序列为火山弧花岗岩。

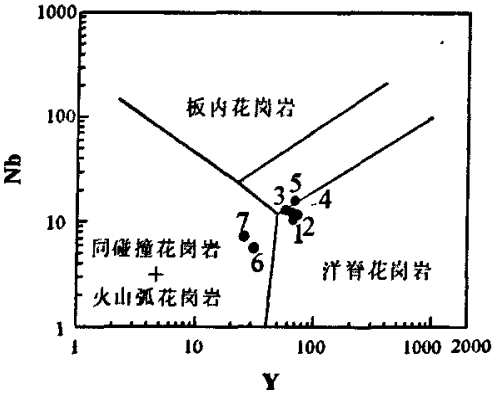


图 6—17 拉斯台序列 Nb—Y 图解

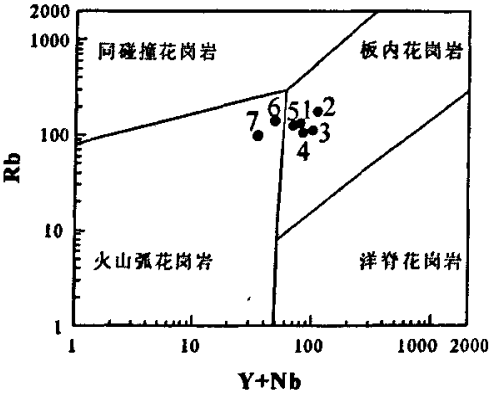


图 6—18 拉斯台序列 Rb—（Y+Nb）图解

6.3 岩体形成的构造过程及地球动力学

晚古生代是天山造山带形成演化历史中一个非常关键的时期，天山地区完成了从大洋向大陆的转化，经历了晚古生代初期古生代洋盆的消减、闭合以及早古生代洋盆关闭后的大规模石炭—二叠纪裂谷拉伸事件，在二叠纪晚期真正进入到陆内演化阶段，与这一洋陆转化过程相伴的是天山及邻区十分醒目的高峰期岩浆活动和大规模成矿事件。

在早石炭世，北天山洋西段博罗科努一带与南天山洋相向俯冲，造成博罗科努山和伊犁盆地出现岛弧，形成大哈拉军山组（C_1d）岛弧型火山岩和赛肯都鲁序列和拉斯台序列花岗岩；其中玄武岩为低钾拉斑玄武岩，安山岩以低钾安山岩为主，尤其安山岩发育，岩石组合以安山岩—英安岩—流纹岩和玄武岩—安山岩—流纹岩为主。由于塔尔塔夏侵入体及拉斯台侵入体的侵吞，阿克沙克组地层在拉斯台—塔尔塔夏一带有较多缺失。大哈拉军山组末的伊犁运动，结束了原来的岛弧环境，早石炭纪末，发生的鄯善运动标志着伊连哈比尔尕小洋盆的残余海发展阶段告终，即有限洋盆的最终封闭。

进入晚石炭世，地壳处于后碰撞的拉张时期，形成伊什基里克组（C_2y）的双峰式裂谷火山岩。晚石炭世末，发生因尼卡拉运动，使 C_2y 产生第一期变形，发生褶皱，产生北西西向的北倾逆断裂，造成地层的重复或缺失，使 C_1a 和 C_1d 发生第二期和第三期变形，主要变质在断裂线附近，常见到糜棱岩化、片理化和千枚岩化，花岗岩少。这一运动，影响甚大，完成了西天山的洋陆转换，洋壳全部封闭，海退成陆—欧亚大陆出现，由此进入陆内发展阶段。

早—中二叠世地壳基本为挤压环境，但局部处于后碰撞的松弛拉张期，阔尔库序列在此构造环境下产出。当热的软流圈强烈上涌，伴随岩石圈的拉伸和减薄，使伊犁地块拉伸再现陆壳火山裂谷，二叠系乌郎组玄武岩—流纹岩的双峰式火山岩组合就在此环境下产生的。

早—中二叠世末发生新源运动，结束大陆裂谷发展，从而进入以正断裂为主的断陷盆地（伸展构造）发展的新阶段。晚二叠世造山带上升剥蚀，在盆地堆积磨拉石，形成河湖相碎屑岩夹灰岩的沉积—铁木里克组（P_3t），末期发生尼勒克运动，宣告华力西期结束。

第七章 花岗岩类含矿性研究

西天山是一个地质构造和地史演化十分复杂的地区。古生代是西天山乃至中亚地区地质构造最为活跃的时期。总体而言，这一地区的塔里木—华北板块和哈萨克斯坦—准噶尔板块间的相互作用（俯冲、仰冲、分裂、结合和碰撞）构成了该地区古生代区域地球动力学的全过程，因此引发的火山作用、沉积作用和变质变形作用为本区成矿提供了物质基础和容矿空间。而西天山是中国古生代造山带内贵金属和有色金属主要成矿单元之一，是古亚洲构造成矿域的一部分。

7.1 区域矿产特征

西天山主要金属矿床分布略图见图 7—1。研究区位于阿吾拉勒铜银多金属成矿带。

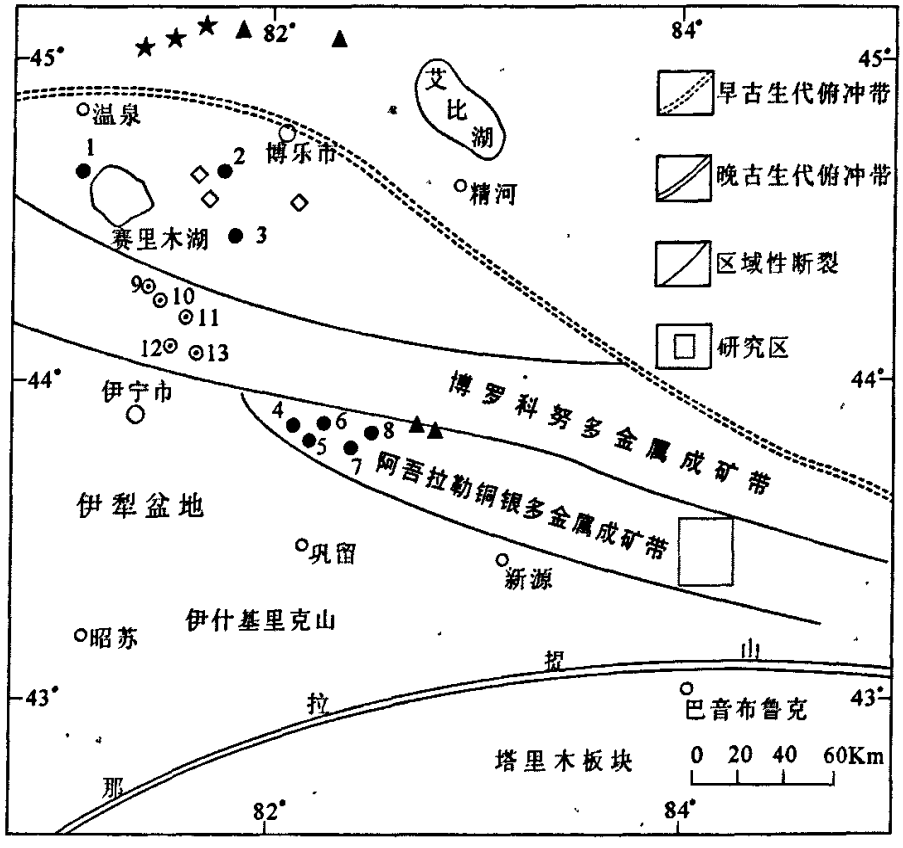


图 7—1 西天山主要金属矿床分布略图

●—铜多金属矿床：1—喇嘛苏铜矿；2—达巴特铜矿；3—喇嘛萨依铜矿；4—穷布拉克铜矿；5—109 铜矿；6—克斯布拉克铜矿；7—群吉铜矿；8—克孜克藏南铜矿；⊙—金矿床（浅成低温热液型及斑岩型）：9—伊尔曼德金矿；10—京希布拉克金矿；11—阿希金矿；12—阿庇因迪金矿；13—塔吾尔别克金矿；★—钨锡矿床（岩浆热液脉型）；◇—铅锌矿床（沉积＋热液改造型）；▲—铜或铁铜矿床（矽卡岩型）

7.1.1 阿吾拉勒铜银多金属成矿带

该成矿带成矿地质条件为石炭纪构造带为火山—沉积建造，早二叠世在伊犁盆地石炭纪构造带基础上，拉张为上二叠统陆相火山裂谷，堆积较厚偏碱性双峰式火山岩建造，并伴随辉绿岩—石英斑岩建造小侵入体较多，上二叠统为上磨拉石，已转入稳定。其矿床地质特征见表 7—1。

表 7—1 西天山阿吾拉勒典型铜银矿床地质特征

成矿带	阿吾拉勒铜银多金属成矿带	
矿床名称	穷布拉克铜银矿	群吉铜矿
主要成因类型	火山热液型	斑岩型
矿化元素组合	Cu-Ag	Cu
矿床规模	中型	小型
矿石品位	Cu：0.5%～1.9%；Ag：20×10^{-6}～60×10^{-6}	Cu：0.74%～2.24%
大地构造位置	阿吾拉勒二叠纪裂谷带	阿吾拉勒二叠纪裂谷带
赋矿地层	下二叠统陆相中基性火山岩	下二叠统陆相中基性火山岩
侵入岩	海西晚期辉绿岩和闪长玢岩	海西晚期石英钠长斑岩、流纹斑岩
含矿主岩	下二叠统陆相中基性火山岩	海西晚期石英钠长斑岩
控矿构造	近 EW 向区域性断裂	EW 向区域性断裂和 SN 向断裂
矿体形态	层状和透镜状	脉状和透镜状
金属矿物	辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿和方铅矿	辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿和方铅矿
脉石矿物	石英、绿泥石和方解石	石英、绿泥石、绢云母和方解石
围岩蚀变	硅化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化	绿泥石化、泥化、硅化和碳酸盐化
成矿时代	274Ma	海西晚期
资料来源	莫江平等(1997)；丁乾俊等	丁乾俊等；黄世乾等

伊犁盆地北缘近 EW 向区域性断裂控制着火山岩和浅成斑岩体的展布。铜银矿床的赋矿围岩多数为下二叠统陆相中基性火山岩,少数为浅成斑岩体。铜矿床主要有两种成因类型,即与二叠纪陆相火山岩有关的火山热液型铜矿和与海西晚期浅成侵入岩体有关的斑岩型铜矿,前者以穷布拉克铜矿为代表,后者以群吉和 109 铜矿为代表。群吉铜矿矿区出露的地层主要为下二叠统塔尔得套组玄武岩、玄武安山岩和安山岩，第四系沉积物。侵入岩主要为海西晚期浅成石英钠长斑岩和流纹斑岩，其 Rb－Sr 等时线年龄为 309Ma(黄世乾等)，斑岩体长约 1500m，宽约 200m，其展布受 SN 向断裂和 NWW 向的区域性断裂控制。铜矿化多数发育在石英钠长斑岩中，少数在石英钠长斑岩体与中基性火山岩的接触带中。石英钠长斑岩体普遍铜矿化，矿化以细脉浸染状和稀疏浸染状为主，是与海西晚期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿。

7.2 研究区岩石地球化学特征

研究区花岗体中微量元素含量与西天山微量元素平均值的比较（表 7—3）可知：

表 7—3 研究区花岗岩微量元素含量与西天山微量元素平均值比较表

岩体名称	岩 性	样品数	微量元素含量												
			W	Cr	Co	Ni	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Ag	Au
阔尔库	二长花岗岩	5	2.18	14.78	7.44	6.04	1.41	3.96	28.56	8.42	63.62	5.4	0.42	0.15	0.06	1
赛肯都鲁	花岗闪长岩	2	0.69	7.3	6.1	3.9	0.8	2.55	5.2	4.2	32.85	0.65	0.15	0.07	0.05	0.45
	石英闪长岩	34	1.05	47.73	16.22	18.05	0.57	2.31	17.57	31.54	65.67	5.44	0.44	0.08	0.05	0.68
西天山平均值	二长花岗岩		1	36.9	7.6	16.4	0.9	1.45	21.3	12.3	50.1	6.35	0.44	0.23	0.07	0.94

注：Au 的单位为 10^{-9}，其它元素单位为 10^{-6}，引自叶庆同等，1999

阔尔库二长花岗岩中 W、Mo、Sn、Cu、Zn、Mo、Au 元素含量较高，其余岩体 Cu 元素含量都低于平均值，表明二长花岗岩中更利于 Cu 元素的富集。赛肯都鲁岩体花岗闪长岩中 Sn 元素含量较高，其它元素均低于平均值；石英闪长岩中 W、Cr、Sn、Pb、Zn 元素含量较高。

以上表明二长花岗岩中金属元素 Cu、Au 等元素的较富集。石英闪长岩中 Pb、Zn 等多种金属元素较富集。

7.3 研究区主要地质矿点特征

据新源一比五万区调项目取得的矿产普查成果，在研究区内主要发现了：

1. 赛肯都鲁金铜矿化点：位于赛肯都鲁岩体东北约 1 公里处，其赋存地层为上石炭统大哈拉军山组上段（C_1d^2）的灰紫色英安斑岩中，其上部层位岩性为灰色英安斑岩，下部层位岩性为灰色凝灰岩。矿化点就赋存于该段灰色英安岩内，英安岩内的小断裂蚀变破碎带为该矿化体赋存的空间，矿化体岩石表面及裂隙中有明显孔雀石化，其与围岩界限清晰。刻槽取样分析，铜品位在 0.01～0.17%。银品位最高 11.9 克 / 吨，平均 6.04 克 / 吨。矿区附近断裂发育，主要有 F_{14} 及 F_{17} 两条断裂。F_{14} 断裂为大哈拉军山组上段（C_1d^2）与阿克沙克组（C_1a）的接触断裂。F_{17} 断裂为大哈拉军山组上段与赛肯都鲁岩体及侏罗系地层的接触断裂，该断层走向 270° ～275° ，北倾，性质为逆断层，F_{17} 断裂北侧在矿区内发育有 4 条次一级的小断裂，该组断裂总体走向 310° ，南倾，倾角 40° 。该组次一级小断裂地表呈平行状排列，间距不等，为容矿断裂。据李注苍（2005 年）研究该矿化点成矿元素主要来自大哈拉军山组火山岩，且大哈拉军山组火山岩地层及建造直接影响和控制着西天山铜、金等矿产的产出和分布（沙德铭等，2003）。这也与赛肯都鲁岩体中金铜含量较低，不足以提供足够的成矿元素，但岩体至少为成矿提供了热源。

2. 拉斯台铜矿化点：矿化点位于坎苏东独立侵入体东北侧约 1km 处，矿点出露于上石炭统伊什基里克组上段（C_2y^2）灰紫色安山玢岩及紫红色安山岩内，矿化蚀变带内岩石表面有明显星点状孔雀石化，绿帘石、绿泥石化亦较明显，矿化体因此与围岩界限明显。样品分析结果铜品位分别为 3.49%和 1.85%，银品位分别为 86.1 克/吨和 35.3 克/吨，金品位皆为 0.08 克/吨。F_{20} 断裂以北的长 2500 米，宽 50～70 米，走向 270° 的次一级小断裂为矿化体的赋存空间。

3. 拉斯台窝果准铜矿化点：矿化点位于坎苏东独立侵入体东南侧约 1km 处，矿点出露于上石炭统伊什基里克组下段（C_2y^1）千枚岩化晶屑、岩屑、玻屑凝灰岩蚀变破碎带的含铜石英脉中，矿化石英脉呈褐红色，表面有明显孔雀石化，矿化石英脉围岩普遍发生蚀变，主要为孔雀石化、绿泥石化，刻槽取样铜品位 3.31%，银 5.6 克/吨，金 0.17 克/吨。矿区以南分布有 F_{21}、F_{22} 两个断裂，F_{22} 断层走向 250° ，北倾，性质为逆断层；F_{21} 断层在矿区的次一级小断裂，呈平行排列，间距 30～50 米，长 50 米左右，宽度 10～25 米不等，为矿化体的赋存空间。

4. 坎苏铜银矿化点：矿化点位于坎苏独立侵入体和伊什基里克组火山岩接触带北侧约 1.5Km 处，矿点出露地层为上石炭统伊什基里克组上段（C_2y^2），岩性主要为英安

岩、安山岩、英安斑岩，赋矿岩石为英安岩。F_{20} 断裂从矿点南侧通过，为附近伊什基里克组上段（C_2y^2）与下段（C_2y^1）的接触断裂，走向 285°，北倾，倾角 80°，性质为逆断层。其北发育次一级小断裂，矿点就产出于该断裂内。刻槽取样分析，铜品位在 0.01～0.17%。银品位最高 11.9 克 / 吨，平均 6.04 克 / 吨。

7.4 成矿规律

研究区内已知矿化点均距花岗岩体均不远（1～1.5km），说明岩体与矿化点关系密切。赛肯都鲁矿化点其成矿元素来源与大哈拉军山组火山岩关系密切，推测赛肯都鲁岩体为成矿主要提供了热源。阔尔库序列二长花岗岩中 Au、Cu、Zn、W 等元素含量较高，侵入到石炭纪伊什基里克组火山熔岩和火山碎屑岩时，岩浆分异的热液与围岩中被加热的水混合形成混合热液，使分散于火山岩中的金（铜）活化运移，在构造适宜部位（断裂或断裂带）成矿，或是岩浆作用于石炭纪火山岩已存在的矿床之上，使含矿层在物质组成、结构构造等方面的改变，即叠加成矿作用，与阿吾拉勒铜银多金属成矿带中典型的和侵入岩有关的群吉铜矿成矿类型不同。

研究区位于陬合明等（1999）划分的西天山与酸性花岗岩有关的矽卡岩－岩浆热液型 W－Sn－Cu－Mo－Au－Nb－Ta 成矿系列范围内，该系列的矿床主要有岩浆热液型 W 矿、Sn 矿、W—Sn 矿、Au 矿、Cu—Au 矿、Cu—Mo 矿，其次为矽卡岩型 Cu 矿等。与成矿有关的岩体主要为海西中期、中晚期钾长花岗岩、二长花岗岩和黑云花岗岩等酸性花岗岩类。岩浆热液型矿床的矿体可以产在花岗岩体内及其边缘（Sn、W、Cu－Au、Cu－Mo 矿）或花岗岩脉中（Nb－Ta 矿），也可以产在岩体附近围岩中(脉状 Au、Cu 矿)。

研究区内花岗岩发育较好，花岗岩中多种金属元素较富集，处于与酸性花岗岩有关的矽卡岩－岩浆热液型多金属成矿区域内，找矿前景良好，虽然在新源项目中并未找到具工业开采价值的矿床，但随着成矿理论的不断完善和进一步的勘探工作，相信在研究区以至西天山范围内，会有更多与花岗岩有关的金属矿床被发现和开发，为当地和新疆的经济腾飞贡献力量！

结 论

本文基于新疆新源县托库孜库马拉克一带 1∶5 万区调项目，经过野外地质矿产调查和室内资料整理、数据的计算和图件绘制，对赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩类的岩石学、岩石化学、地球化学特征，及花岗岩形成的时代及成矿元素背景、成矿条件等进行系统研究和全面认识，取得如下主要地质成果：

1．运用岩石谱系单位填图方法和理论，按照同源岩浆演化序列的观点，对位于伊宁阿吾拉勒构造—岩浆带的赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩类进行了侵入序列的划分，划分出赛肯都鲁—阔尔库超动岩组合和拉斯台—塔尔塔夏岩浆带。对前人所称的赛肯都鲁岩体进行了解体，合理建立了本区的花岗岩类谱系单位。

2．赛肯都鲁序列岩体年龄为 321Ma，侵入下石炭统大哈拉军山组，岩石类型主要以花岗闪长岩和石英闪长岩为主。主要矿物组成为石英、碱性长石、角闪石和黑云母以及少量辉石，副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石。Al_2O_3 含量中等，CaO 含量高，Na_2O 含量中等且 $K_2O<Na_2O$，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，为准铝质钙碱性花岗岩类，属 ACG 类花岗岩（富角闪石的钙碱性花岗岩），其物质来源为以幔源物质为主的壳幔混合源，依据主量元素、微量元素和稀土元素计算和作图，参考与之密切成因和构造配套关系的大哈拉军山组火山岩构造环境，确定岩体构造环境为火山弧环境，这一结论，将为重建西天山地质构造演化史提供重要信息。

3．阔尔库序列岩体年龄为 281Ma，与赛肯都鲁岩体为超动接触关系，侵入上石炭伊什基里克组上段。岩性主要为二长花岗岩和正长花岗岩。主要矿物组成为斜长石、石英和钾长石。副矿物主要有磁铁矿、榍石、磷灰石。CaO 含量低，Na_2O 含量较低，$Na_2O<K_2O$，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，A/CNK>1，为弱过铝质钙碱性花岗岩类，属 CPG 类花岗岩（含堇青石过铝花岗岩类），其物质来源为以壳源物质为主，依据主量元素、微量元素和稀土元素计算和作图，参考与之密切成因和构造配套关系的伊什基里克组双峰式火山岩构造环境，岩体构造环境为应为同碰撞类型，早二叠世地壳局部处于后碰撞的松弛拉张期时的产物。

4．拉斯台序列岩体年龄为 328Ma，侵入地层为下石炭统大哈拉军山组下段和阿克沙克组上部，岩性主要为二长花岗岩，岩性主要为角闪二长花岗岩。主要矿物组成为斜长石、钾长石和石英。副矿物主要有锆石、磁铁矿、榍石和磷灰石。CaO 含量低，K_2O 较高，$0.8<FeO_t/(FeO_t+MgO)<1.0$，A/CNK<1，为准铝质钙碱性花岗岩类，属 KCG

花岗岩（富钾钙碱性花岗岩），其物质来源为以壳源物质为主的壳幔混合源，岩体构造环境为火山弧环境。

5. 赛肯都鲁－拉斯台一带花岗岩处于阿吾拉勒铜铜银多金属成矿带，阔尔库序列二长花岗岩中的金属元素 Cu、Au 等元素的较富集，赛肯都鲁序列石英闪长岩中 Cu 等多种金属元素较富集。已发现的矿化点均与花岗岩有关系，岩浆及其期后的热液活动为铜金等多金属的活化、转移提供了必不可少的热动力，或者通过改变地壳局部的地热梯度，为成矿提供热源在构造适宜部位（断裂或断裂带）成矿。

存在问题

1. 由于资料及笔者水平限制，对研究区的断裂及期次研究程度不够。

2. 岩体与成矿的关系讨论较浅，虽然成矿远景较好，但还需进一步做研究。

主要参考文献

[1] 地质矿产部直属单位管理局.花岗岩类区 1∶5 万区域地质填图方法指南[M].武汉：中国地质大学出版社，1991，1—93

[2] 蔡土赐，孙巧缡，缪长泉，等.新疆维吾尔自治区岩石地层［M］.中国地质大学出版社，1999.

[3] 车自成，刘洪福，刘良，等.中天山造山带的形成与演化［M］.北京：地质出版社，1994.

[4] 成守德，王元龙.中亚地壳发展演化与成矿［C］.乌鲁木齐：新疆人民出版社，2000.

[5] 成守德，王广瑞，杨树德，等.新疆古板块构造［J］.新疆地质，1986，4（2）：1～26.

[6] 成守德，王元龙.新疆大地构造演化基本特征［J］.新疆地质，1998，16 （2）： 97～107.

[7] 陈德潜，陈刚.实用稀土元素地球化学［M］.冶金工业出版社，1990.

[8] 陈哲夫，梁云海.新疆多旋回构造与板块运动［J］.新疆地质，1991，9（2）：95～107.

[9] 陈哲夫.关于多旋回开合构造及区域成矿若干观点的认识［J］.新疆地质，1995，13（1）：1～12.

[10] 新疆地质矿产局区调队.天山花岗岩地质[M]，北京：地质出版社，1985，204—227

[11] 方国庆.博格达晚古生代岛弧的沉积岩石学证据［J］.沉积学报，1993，11(3)：31～36.

[12] 肖庆辉，邓晋福，马大铨等.2002.花岗岩研究思维与方法[M]，北京，地质出版社，53～63

[13] 袁见齐，朱上庆，翟裕生，等.矿床学［M］北京：地质出版社，104～120.

[14] 何国琦，李茂松，刘德权，等.中国新疆古生代地壳演化及成矿［M］.乌鲁木齐：新疆人民出版社，1994.

[15] 何政伟，孙传敏.新疆西天山西段金铜成矿带一中亚成矿域东延［J］.成都理工学院学报，2002，29，(1)：78～84.

[16] 黄汲清.中国大地构造特征的新研究［J］.中国地质科学院院报，1984，9，5～18.

[17] 孟良义.花岗岩与成矿［M］北京：科学出版社，1993，44～111.

[18] 姜常义，吴文全，金学仁，等.从岛弧向裂谷的变迁—来自阿吾拉勒地区火山岩的证据［J］.岩石矿物学杂志，1995，14（4）：289～300.

[19] 姜常义，吴文奎，谢广成，等.西天山北部石炭纪火山岩特征与沟弧盆体系［J］.岩石矿物学杂志，1993，12（3）：2～31.

[20] 刘静，李永军，王小刚，等. 西天山阿吾拉勒一带伊什基里克组火山岩地球化学特征及其构造环境［J］.新疆地质，2006，4（3）：2～31.

[20] P.亨德森主编.1989.稀土元素地球化学[M]北京：地质出版社，20～178

[21] 王志良，毛景文，张作衡，等. 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［J］.地质学报，2004，78（6）：836～847.

[22] 隗合明，王全庆，王崇礼，等.西天山博罗霍洛地区铜金多金属成矿规律［M］.西安：陕西科学技术出版社，1996，138～176.

[23] 隗合明，吴文奎，薛春纪，等.新疆西天山金属矿床，成矿系列及形成演化规律 [J] .地质学报，1999，73 (3) ：220～230.

[24] 沙德铭，田昌烈，董连慧，西天山中北段铜、金矿床成矿规律初探 [J] .新疆地质，2003，21 (2)：185～189.

[25] 刘兴德，孙传敏，何政伟，等. 新疆西天山典型岩石含矿性研究[J].成都理工学院学报，2002，29 (3)：258～262.

[26] 王核，夏斌，彭省临，等. 西天山北部地区成矿规律初探 [J] . 大地构造与成矿学，2002，26 (4)：363～369.

[27] 黎彤，倪守斌.地球和地壳的化学元素丰度 [M] .地质出版社，1990.

[28] 刘德权，唐延龄，周汝洪，等.中国新疆矿床成矿系列 [M] .北京：地质出版社，1996.

[29] 路凤香，桑隆康.岩石学 [M] .北京：地质出版社，2002.

[30] 王广平，吴广涛，伦志强，等.新疆维吾尔自治区区域地质志 [M] . 北京：地质出版社，1993.

[31] 邱家骧.岩浆岩岩石学 [M] .北京：地质出版社，1985.

[32] 邱家骧，林景仟.岩石化学 [M] .地质出版社，1991.

[33] 吴文奎.伊犁地块构造及成矿区刍议 [J] .西安地质学院学报，1994，16 (1)：1～9.

[34] 305 项目《新疆地质科学》编委会.新疆地质科学 [M] 北京：地质出版社，1993，1～23.

[35] 李昌年.微量元素及其在岩石学中的应用 [M] .武汉地质学院，1986.

[36] 王宝瑜.新疆西天山地层研究进展及研究方向 [J] .新疆地质，2000，18(3)：279～281.

[37]王宝瑜，李强，刘建兵，等.新疆天山中段独库公路地质构造[J].新疆地质，1997，15(2)：134～154.

[38] 吴山，何政伟，孙传敏，等. 天山那拉提构造带及其找矿前景 [J] .成都理工学院学报，2002，29 (3)：252～257.

[39] 王中刚，于学远，赵振华等.稀土元素地球化学 [M] .科学出版社，1989.

[40] 王作勋，邹继易等.天山多旋回构造演化及成矿 [M] .北京：科学出版社，1990.

[41] 张学仁等.论阿吾拉勒山的控矿构造 [J] .地质构造学刊.1994，4 (1)：47～52.

[42] 汪雄武，王晓地.花岗岩成矿的地球化学判别标志 [J] .华南地质与矿产.2001，4：36～44.

[43]涂绍雄，汪雄武.20 世纪 90 年代国外花岗岩类研究的某些重大进展[J].岩石矿物学杂志.2002，21 (2)：108～130.

[44] 毋瑞身，田昌烈，黄明扬，等.西天山金、铜矿地质特征 [J] .贵金属地质，1998，7 (1)：1～18.

[45] 吴世敏，卢华复，马瑞士，等.西天山一带大地构造相划分及其构造演化特征 [J] .中国区域地质，1995，2：148～156.

[46] 夏林圻，张国伟，夏祖春，等.天山古生代洋盆开启、闭合时限的岩石学约束—来自震旦纪、石炭纪火山岩的证据 [J] .地质通报，2002，21 (2)：55～62.

[47] 肖序常，汤跃庆，冯益民，等.新疆北部及其邻区大地构造［M］.北京：地质出版社，1992..

[48] 张国伟，李三忠，刘俊霞，等.新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化［J］.地学前缘，1999，6（4）：203—214.

[49] 张良臣，吴乃元.天山地质构造及演化史［J］.新疆地质，1985，3（3）：1～14.

[50] 周维屏、陈克强、简人初，等著.1：50000区域地质填图新方法[M]，武汉：中国地质大学出版社，1993，18～28，41～49

[51] 周遗军，黄华盛. 花岗岩的(金属)成矿专属性—兼论花岗岩与金矿床的成因关联［J］.黄金地质，1997，3（4）：14～20.

[52] 翟裕生，姚书振，崔彬，等.成矿系列研究［M］.北京：中国地质大学出版社，1996.

[53] 赵振华，沈远超，涂光炽，等.新疆金属矿产资源的基础研究［M］.北京：科学出版社，2001

[54] 赵振华.微量元素地球化学原理［M］.科学出版社，1997.

[55] 赵振华.稀土元素地球化学研究方法［M］.地质地球化学，1982.

[56] 叶庆同.西南天山金和有色金属矿床成矿条件和成矿预测［M］.北京：地质出版社，1999

[57] McCarron J J，Smellie J L.Tectonic implications of fore arc magmatism and generation of high magnesian andesites：Alexander Island，AntractiaJ.Geol.Soci.Lond.，1998，155：269～280.

[58] Chappell B.W. and White A.J.R. Two contrasting granite types[J]， Pacific Geology， 1974，vol.8，74—173.

[59] Collins W.J. Evaluation of petrogenetic models for Lachlan Fold Belt granites: implications for crustal architecture and tectonic models[J]， Australian jour. of Sci. 1998，45:483—500.

[60] Tetsuichi Talcagi and Tsulcimura ksukimura， Genensis of Qxidiz Reduceol—Type granit[J]e，economic Geology 1997，vol.92， 51—56.

[61]Hochstaedter A G，Kepezhinskas P K，Defant M J et al.On the tectonic significance of arc volcanism in Northern Kamchatka.J.Geol.，1994，102：639～654.

[62] Hooper P R，Bailey D G，Holder G A M.Tertiary calc—alkaline magmatism associated with lithospheric extension in the pacific northwest.J.Geophys.Res.，1995，100（B7）：10303～10319.

[63]Pearce，J. A.，Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of grantic rocks，Jour petrol.1984，25： 956～983.

致 谢

本论文是在导师李永军教授的悉心指导下完成的。三年来，导师在生活和学习上自始至终都给予了我亲切的关怀和悉心的指导，并提供了多次到新疆进行野外调研的机会和很好的室内学习条件，这是能够顺利完成本论文的基础。

导师渊博的知识、开阔的思路、活跃的思维、严谨的治学精神、诲人不倦的授业精神，无时无刻不在激励着我，使我终身受益，没齿难忘。在此，谨向导师李永军教授致以最诚挚的谢意。同时还要感谢师母对我生活上的照顾、学业上的关心。

我的第二导师是新疆地质矿产勘查开发局第九地质大队孔德懿主任，孔老师宽厚待人、思维严谨、认真负责工作态度使我受益匪浅。在这三年中孔老师为我的实习、学习和工作提供各种条件，无论在人力，还是在物力和财力上，都给予大力支持，使我有条件和有能力做好硕士论文。因此，在这里我也表示衷心的谢谢和最崇高的敬意！

野外工作期间，还得到了新疆地质矿产勘查开发局第九地质大队李景宏总工程师、王小刚副队长、胡克亮副主任在工作和生活上的大力支持和帮助，本人表示衷心的感谢。同时荣幸能与九大队项目组栾新东项目负责、郭文杰项目负责、佟黎明工程师、李鸿工程师等人一起愉快合作，共同圆满完成这次野外调研工作，也非常感谢他们在野外工作的指导和帮助。

非常感谢长安大学的姜长义教授、魏刚峰教授、付国民副教授等人在论文开题及编写上的指导，他们提出了许多宝贵的意见和见解。

我的师哥李注苍在我读硕期间无论是野外工作还是在学校学习都给予了我很大的关心和帮助，同时也提出了许多建议，在此深表谢意。

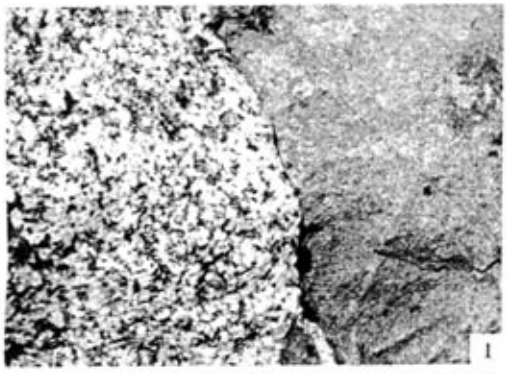
众师兄弟和师妹刘静都对我的论文资料的收集和整理工作做了很多帮助和支持，舍友杨永恒和郭周平也给予了很大的帮助，在此致以真诚的谢意！

附：已发表文章清单

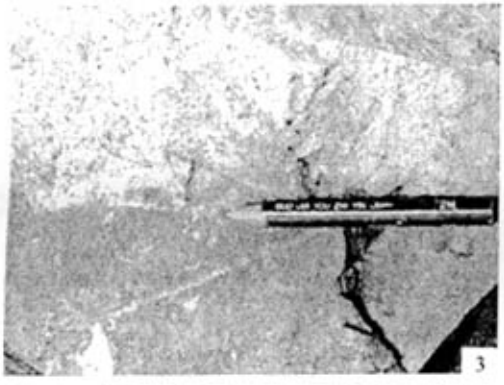
1. 西秦岭柴家庄、八卦山和天子山花岗岩体地球化学特征，甘肃地质，2006，15 卷，第一作者 .
2. 东天山库姆塔格赤湖岩体地球化学特征及构造环境，长安大学 2005 年研究生学术年会论文集，陕西科技出版社，2005，第三作者
3. 鄂尔多斯盆地东部紫金山岩体构造背景及其演化，长安大学 2005 年研究生学术年会论文集，陕西科技出版社，2005，第三作者
4. 西秦岭糜署岭岩浆混合花岗岩地球化学特征及构造意义，地球科学与环境学报 ，2005，2，第五作者
5. 西秦岭糜署岭岩浆带成因及构造意义，新疆地质 ，2004，4，第六作者

图 版 说 明

1. 赛肯都鲁灰白色中粒石英闪长岩与灰黑色辉长闪长岩脉动关系
2. 阔尔库岩体二长花岗岩地貌特征
3. 阔尔库岩体二长花岗岩与赛肯都鲁岩体闪长岩超动接触关系
4. 阔尔库岩体二长花岗岩沿节理贯入赛肯都鲁岩体闪长岩中
5. 阔儿库黑云二长花岗岩中赛肯都鲁闪长岩包体
6. 阔儿库黑云二长花岗岩中赛肯都鲁闪长岩包体
7. 阔尔库岩体二长花岗岩与围岩侵入接触
8. 阔尔库岩体的柱状（垂直）节理

















新疆新源赛肯都鲁—拉斯台一带花岗岩类地球化学特征

作者：毕明波
学位授予单位：长安大学

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

本文读者也读过(10条)

1. 罗改 川西北羊拱海花岗岩类地球化学特征及地质意义[学位论文]2009
2. 王春英.蔺新望.张俊良.王世炎.WANG Chun-ying.LIN Xin-wang.ZHANG Jun-liang.WANG Shi-yan 青藏高原西部甜水海地区白垩纪花岗岩类的岩石学地球化学特征及其地质意义[期刊论文]-地质通报2009,28(5)
3. 第鹏飞 西准噶尔晚古生代花岗岩地球化学特征及构造意义的初步研究[学位论文]2010
4. 庞振甲 新疆西准噶尔阿克巴斯陶花岗岩研究[学位论文]2008
5. 温志亮.徐学义.赵仁夫.王锋.胡伟.WEN Zhiliang.XU Xueyi.ZHAO Renfu.WANG Feng.HU Wei 西秦岭党川地区泥盆纪花岗岩类地质地球化学特征及构造意义[期刊论文]-地质论评2008,54(6)
6. 李永军.栾新东.付国民.李注苍.LI Yong-jun.LUAN Xin-dong.FU Guo-min.LI Zhu-cang 天水渭北地区花岗岩类的岩石地球化学特征[期刊论文]-地质科技情报2005,24(4)
7. 刘志武.王崇礼.LIU Zhi-wu.WANG Chong-li 南祁连党河南山花岗岩类地球化学及其金铜矿化[期刊论文]-地质与勘探2007,43(1)
8. 康磊 新疆西准噶尔夏尔莆岩浆混合花岗岩体的研究[学位论文]2010
9. 王红军 攀枝花大田和牟定戌街元古代岩浆岩体地球化学特征及其与铀矿化的关系[学位论文]2009
10. 石玉若 内蒙古苏左旗地区花岗质岩类地球化学及SHRIMP年代学研究[学位论文]2005

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y978046.aspx