

新疆北部固体地球科学系列书

阿尔泰花岗岩类地球化学

王中刚 赵振华 邹天人 等著



科学出版社

新疆北部固体地球科学系列书

阿尔泰花岗岩类地球化学

王中刚 赵振华 邹天人 等著

国家自然科学基金部分资助项目

科学出版社

内 容 简 介

本书是国家三〇五攻关项目的课题研究成果,书中绪论部分介绍了国内外在花岗岩方面的研究进展;第一章论述了研究地区的地质构造背景;第二章至第七章对阿尔泰花岗岩类的地质、矿物学、岩石化学、微量元素地球化学、同位素地质年代学及稳定同位素地球化学等方面的特征作了详尽的叙述,提供了丰富的基础资料;最后,第八章论述了阿尔泰花岗岩类的成因与类型,并指出不同类型的花岗岩与成矿的关系。

本书可供从事岩石矿物和地球化学研究的科技人员和教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

阿尔泰花岗岩类地球化学/王中刚等著. -北京:科学出版社,1998. 1
(新疆北部固体地球科学系列书)

ISBN 7-03-005873-9

I. 阿… II. 王… III. 花岗岩-地球化学-新疆 IV. P588.12

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第02602号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年1月第一版 开本:787×1092 1/16
1998年1月第一次印刷 印张:10
印数:001—401 字数:225 000

定价:26.00元

序

新疆地域辽阔,地质构造复杂,蕴藏着丰富的地下矿产资源,是尚待开发的一块宝地。研究新疆地质构造及矿产分布规律,为我国西部地区经济腾飞做好资源准备,是地球科学工作的战略性任务。国家第七个五年计划期间,由新疆维吾尔自治区人民政府、中国科学院及地质矿产部主持了国家科技攻关项目“加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究”(简称“国家三〇五项目”)。中国科学院所属地质研究所、地球化学研究所、长沙大地构造研究所、南京地质古生物研究所、遥感应用研究所、地球物理研究所、中国科技大学、新疆地理研究所及高能物理研究所等十多个单位的300余名科技人员积极参加了三〇五项目的研究工作,承担了十余个课题的研究任务。五年来,在三〇五项目委员会及中国科学院资源环境科学局的领导下,广大科技人员努力奋斗,在基础地质、成矿理论及技术方法等各领域中都取得了一批丰硕的研究成果。

《新疆北部固体地球科学系列书》是中国科学院一些研究单位参加三〇五项目成果体现方式之一。1990年,三〇五项目的各个课题组经过评审,都向三〇五项目办公室提交了最终科研报告,其中包括了中国科学院的有关研究所的十余份报告。这些科研报告内容丰富、资料翔实、图件齐备,是中国科学院参加三〇五项目研究工作重要的成果。但由于各课题组提交报告的时间仓促而又紧迫,使若干重大理论问题考虑或讨论得不够深透;另外,科研报告篇幅一般过大,都是洋洋近百万言,使一些读者参阅困难;再者,这些科研报告份数很少,只能在个别读者中流通。为了弥补这几方面的不足,使科研成果能够发挥更大的效益,经过多次酝酿,在中国科学院资源环境科学局和科学出版社的大力支持下,决定出版《新疆北部固体地球科学系列书》。它包括一系列专著,是在科研报告的基础上经过提炼升华、去粗取精、深入加工而得到的第二次成果。系列书将包括下列专著:《新疆北部固体地球科学新进展》、《西准噶尔地区岩浆活动与金矿化作用》、《新疆北部地质矿产遥感》、《阿尔泰花岗岩类地球化学》、《额尔齐斯火山岩和成矿作用》、《额尔齐斯构造带构造演化与成矿系列》、《新疆北部地质演化及成矿规律》、《新疆北部蛇绿岩地质特征及其构造意义》等。

多年来,三〇五项目委员会、中国科学院资源环境科学局、新疆地质矿产局、新疆有色金属公司、中国科学院新疆分院、三〇五项目办公室等给予中国科学院各课题以极大的支持和热情的指导,在此谨向上述单位的领导和同志们表示深切的感谢。

涂光炽

1992.2.28

新疆北部固体地球科学系列书

编辑委员会

主 编：涂光炽

副主编：王中刚 沈远超 郭华东

编 委：涂光炽 王中刚 沈远超 郭华东
赵生才 张 弛 张湘炳 于学元
胡寿永 张汝玫

前言

本书的作者们在“七五”期间承担了国家重点攻关项目——加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究中的一个课题,即阿尔泰花岗岩类及其与成矿关系的研究。

我们研究的区域是祖国西北边陲的阿尔泰地区,其西北与东北部分分别与哈萨克斯坦、俄罗斯及蒙古相接,南面大体以额尔齐斯和乌伦古河为界而与准噶尔盆地毗邻,总面积约为6万平方公里。

这个课题由中国科学院地球化学研究所负责,中国地质科学院矿床地质研究所、新疆有色地质研究所、新疆工学院地质系及中国科学院长沙大地构造研究所等单位参加,联合进行研究。各单位参加工作的人员有:中国科学院地球化学研究所的王中刚、赵振华、侯鸿泉、桂训唐、张凤祥、董振生、吴明清、邓访陵、陈岳龙、张杰、杨富贵;中国地质科学院矿床地质研究所的邹天人、金生今、余时美、万德芳;新疆有色地质研究所的吴柏青、李龙乾;新疆工学院地质系的康旭、赵剑峰、司博;中国科学院长沙大地构造研究所的陈蕙芳、周频波。

阿尔泰地区地形及气候条件复杂,这里有地势险峻、灌木丛生的深山区,也有一望无垠、干旱荒芜的戈壁滩。课题组成员不畏艰辛、不避酷暑严寒,对区内各主要岩体尽量详细地进行了观察和采样。四年里,我们曾三渡禾木河,四过海流滩,再也忘不了那次跨越沼泽地并受到蚊虫密集叮咬的情景,也忘不了迷路难归、夜宿荒滩的境遇。是强烈的责任感和事业心激励着我们克服了一个又一个的困难,获得了大量可靠的实际资料。

在同位素年代学研究方面,我们采用了K-Ar、Rb-Sr、U-Pb、Ar-Ar、Sm-Nd等多种定年法,在本区获得了第一批 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 及Sm-Nd年龄数据。对于重要的、有争议的岩体,同时采用了两种以上定年方法,以便互相验证,使结果更为可靠。

对于造岩矿物的研究,也首次取得比较丰富和系统的资料,除了一般的岩矿鉴定外,我们完成了大量电子探针、X射线衍射分析、气液包裹体测定等研究,获得了关于岩体形成温度、深度以及氧逸度等信息,是本书中具有特色的内容。

在副矿物研究中,除了按不同时代、不同岩性的花岗岩进行副矿物种类和分布量的统计外,更对其中具有标型特征的锆石、磷灰石和磁铁矿等做了矿物化学的深入研究。

我们比较系统而又全面地测定了各类花岗岩中W、Sn、Nb、Ta、Li、Rb、Cs、Be、Sr、Ba、Co、Ni、Cr、Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Th、La、Ce、Pr、Nd、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、F等元素的含量,不仅有助于对花岗岩含矿性的认识,也获得了关于花岗岩成因与构造环境的信息。

我们测定了花岗岩以及某些矿物中Sr、O、Nd、Pb的同位素组成。这也是第一次对本区花岗岩做这样系统的同位素组成的研究,并且获得了许多有意义的结果。

在完成了大量而系统的野外与室内研究工作之后,我们有可能对本区的地质历史,构造环境演化,花岗岩成岩物质来源、形成过程、形成条件与形成时代,花岗岩成因类型以及花岗岩与成矿作用的关系等有比较深入的认识。

1990年,我们按照攻关项目的要求,编写了工作报告——阿尔泰花岗岩类及其与成矿关系的研究,并正式向项目办公室提交,经专家评议组及项目成果评审委员会验收通过,评为优秀成果。

嗣后,为了使成果能得到更为广泛的应用,根据中国科学院三〇五项目综合组的决定,我们将报告中的部分基础研究的内容,再加以整理和补充而写成此书,并作为中国科学院三〇五项目研究系列专著之一,以飨读者。

本书绪论由王中刚执笔;第一章由赵剑峰执笔;第二章由王中刚、康旭、赵剑峰执笔;第三章由邹天人、侯鸿泉执笔;第四章由邹天人执笔;第五章由赵振华、王中刚执笔;第六章由桂训唐、赵振华执笔;第七章由赵振华、邹天人执笔;第八章由赵振华、王中刚执笔。全书最后由王中刚和赵振华进行修订、统编和定稿。

本书中大量的分析测试工作由中国科学院地球化学研究所及中国地质科学院矿床地质研究所有关的实验室完成,新疆有色地质研究所、新疆工学院地质系、长沙大地构造研究所以及湖北地质矿产局测试中心亦完成了部分测试工作。报告中Sm、Nd同位素以及某些稀土元素分量的测定是在日本东京大学化学系的实验室由增田彰正教授指导下完成的。我们谨向为本项研究的分析测试付出了艰辛劳动的科技人员们致以深切的谢意。中国科学院地球化学研究所研究员刘义茂、洪文兴、于津生及裘愉卓对本报告进行了初审并提出了宝贵的意见,涂光炽教授给予业务上的指导。

国家三〇五项目办公室及中国科学院资源环境科学局自始至终关心本课题的研究并给予工作上的指导。新疆地质矿产局区域地质调查队、第四地质大队,新疆有色公司706地质队以及中国科学院新疆科研工作开发办公室在工作上给予我们很多帮助,我们谨向他们致以深切的谢意。

作 者

1993.12

目 录

序	
前 言	
绪 论	1
第一章 区域地质概况	5
第一节 地质演化史	5
第二节 构造单元的划分	9
第三节 深部构造	11
第四节 主要断裂构造	12
第二章 花岗岩地质	15
第一节 花岗岩形成与构造运动的关系	15
第二节 花岗岩分布的带状特征	17
第三节 花岗岩的分类与命名	18
第四节 典型岩体简述	22
第三章 矿物学研究	36
第一节 造岩矿物	36
第二节 副矿物	56
第四章 花岗岩类的岩石化学	62
第一节 阿尔泰花岗岩类的平均化学成分	62
第二节 花岗岩类的主元素的化学准则	63
第五章 微量元素地球化学	73
第一节 花岗岩中成矿元素的丰度	73
第二节 稀土元素地球化学	79
第三节 花岗岩中微量元素对构造环境、岩石成因及成矿潜力的指示意义	87
第六章 同位素地质年代学	95
第一节 同位素定年方法的选择	95
第二节 花岗岩的形成时代	98
第三节 花岗岩形成期次的划分	118
第七章 稳定同位素地球化学	120
第一节 氧同位素组成	120
第二节 铅同位素组成	125
第三节 锶同位素组成	128
第四节 钨同位素组成	131
第八章 阿尔泰花岗岩类的成因与类型	135
第一节 阿尔泰花岗岩类的源区物质	135

第二节	阿尔泰花岗岩类形成机理·····	138
第三节	阿尔泰花岗岩类成岩时的构造环境·····	146
第四节	阿尔泰花岗岩类的成因类型·····	146
参考文献	·····	150

绪 论

横亘于新疆维吾尔自治区北部的阿尔泰山系,在地质上以发育花岗岩、花岗伟晶岩及与其有关的稀有金属矿产资源而著称。阿尔泰花岗岩类分布面积约有 25000km²,由大小一百多个岩体组成,它们总体上呈 NW 向分布,与区域褶皱及主干断裂构造线的方向一致,巍巍峨峨,延绵二百余公里,这一特色在我国的地质图上表现得非常明显。

对本区花岗岩类的研究已有较长的历史,不过,在 80 年代以前,主要是结合稀有金属、云母等矿产资源及区域地质测量工作而对其进行研究的。嗣后有一些专题论文发表,如王广耀、许培春(1983)^①;芮行健、吴玉全(1984);邹天人等(1975,1988);王中刚、赵振华(1990)。这里的花岗伟晶岩更是闻名遐迩,三号脉典型的环状分带结构已被许多论文及教科书广为引用,国外许多伟晶岩专家把争取到阿尔泰来考察一下三号脉作为他们梦寐以求的事。在伟晶岩矿区工作的勘探部门以及邹天人、徐建国(1975),王贤觉等(1981),易爽庭等(1989)对阿尔泰的伟晶岩有过详细的论述,此外还有许多内部研究与勘探报告,这里就不一一列举了。

跨入 80 年代以来,有关花岗岩问题的国际学术会议就已经举行过五次,它们是:1982 年在我国南京举行的花岗岩地质及其成矿作用学术会议;1985 年在加拿大渥太华召开的与花岗岩有关的矿床-地质学岩石成因和构造环境国际会议;1986 年在巴西萨尔瓦多举行的花岗岩及伴生的矿化作用学术会议;1987 年在阿根廷图库曼举行的国际环太平洋显生代花岗岩专题讨论会;同年在我国广州召开的花岗岩成岩成矿作用学术会议。此外,各类杂志发表的有关花岗岩的文章也很多。不难看出,近十年来国内外对花岗岩研究有着浓厚的兴趣,可以说是研究花岗岩的鼎盛时期,而其研究内容主要为以下四个方面:(1)花岗岩的成岩物质来源;(2)花岗岩的形成机理;(3)花岗岩类型的划分;(4)花岗岩的成矿作用。

Chappell 和 White(1974,1984)在研究澳大利亚东南部拉克兰褶皱带古生代花岗岩时,根据成岩物质来源的不同而将花岗岩划分为 S 型和 I 型。按其原意,S 型花岗岩是由地壳沉积岩部分熔融而形成,I 型则是由未曾出露地表的火成岩部分熔融而成,更为重要的是研究者们提出了一套区分这两种有着不同源岩物质的花岗岩的矿物学与地球化学标志。

上述两类花岗岩都是起源于地壳的,至于有没有直接来源于地幔的花岗岩是个有争议的问题,过去有些学者把具有低铈初始值的花岗岩都看成是地幔来源,这并不恰当。地幔物质的重熔是不能直接产生花岗质岩浆的,Jahn(1981)用 $(La/Yb)_N - (Yb)_N$ 图解表明上地幔物质的部分熔融不能直接得到花岗质岩浆。Ringwood(1975)曾经指出,地壳中存

▲ ① 王广耀、许培春,1983,新疆阿尔泰地区岩浆岩的特征及其与成矿关系。

在的来自上地幔的火山岩,它们具有低的锶同位素初始值,若在其形成后不久就受到重熔,结果可产生的花岗岩亦会具有锶同位素初始值低的特征。与基性超基性岩组合有关的花岗岩,如蛇绿岩套中及大洋岛屿中的斜长花岗岩或在层状侵入体顶部见到的花岗斑岩有可能是来源于地幔的,但是这种幔源花岗岩只是指那些从地幔上升的基性-超基性岩浆侵入到地壳中后获得充分分异条件才能得到最后的少量的花岗岩浆并形成花岗岩。新疆准噶尔地区及天山地区就有这种来源于地幔的超基性岩浆分异产生的斜长花岗岩。

A 型碱性花岗岩也具有幔源的特征,但是它的形成过程要复杂得多。

花岗岩形成机理的研究已不再停留在讨论花岗岩究竟是岩浆作用形成的还是交代(变质、花岗岩化)作用形成的阶段,而是着眼于探讨各类花岗岩的形成过程,用物理化学实验及微量元素定量模型去探讨花岗岩形成的全过程。

近十年来,应用同位素和微量元素,尤其是稀土元素定量地模拟花岗岩形成过程是花岗岩研究中的一个重要方面。

Petersen(1980)在对挪威西北部紫苏辉石花岗岩成因的研究中,应用稀土元素分异结晶模型的计算,获得了很好的效果。该岩体由含辉石的苏紫花岗岩相、含角闪石的二长花岗岩相及黑云母花岗岩相组成,它们的稀土元素分布模式显示从正锗异常到负锗异常的逐渐变化。经计算表明,原始岩浆在第一阶段通过结晶分异作用分出含 70%斜长石、18%斜方辉石、12%钛铁矿及 0.22%磷灰石的苏长岩后,便得出相当于紫苏辉石花岗岩的稀土元素分布模式;在第二阶段,通过分出二长岩的成分后得到了含角闪石二长花岗岩的稀土元素分布模式;最后,由于上述岩相的分出,便得到黑云母花岗岩的稀土元素分布模式。

对于碱性花岗岩(A 型花岗岩)的成因,至今还没有一个完全令人信服的解释,因为这种解释必须同时说明碱性花岗岩的三个基本特征:(1)它经常与 I 型花岗岩共生;(2)不含水或极少含水,而挥发分氟与氯的含量却很高;(3)高价阳离子 Nb^{5+} 、 Zr^{4+} 、 Ce^{3+} 、 Y^{3+} 的含量高。一些学者曾提出过交代模式、分异模式及部分熔融模式来解释碱性花岗岩的成因,其中被大多数人接受的是部分熔融模式,因为交代模式与碱性花岗岩体的高度均匀性相矛盾,而长英质 I 型熔体的分异作用,其结果是由于早期无水相的晶出则导致含水熔体形成,这亦与碱性花岗岩不含水的特征相矛盾。关于部分熔融模式也还有不同的见解。Harris 和 Marriner(1980)提出,幔源富含卤素的挥发分的大量流入,导致源岩熔融,使花岗岩的碱质和高场强元素的高度富集;Collins 等(1982)认为,A 型花岗岩是由基本上无水的源岩在温度升高($>830^{\circ}\text{C}$)时通过部分熔融而形成的,其源岩的水由于受低程度部分熔融的 I 型岩浆的萃取而耗尽,这种麻粒岩源富含氟和氯是由于富含这些元素的云母和角闪石在早先的熔融过程中脱气分解而增加了稳定性的缘故。Andersen(1985)指出,A 型花岗岩也可以由已脱水的变沉积源岩的熔融而派生。

80 年代以前对花岗岩就已经有过各种成因分类,其着重点在于花岗岩的形成深度、形成方式及与造山运动的关系,而 80 年代提出的花岗岩分类则更侧重于成岩物质来源及构造环境。

根据成岩物质来源对花岗岩进行分类的代表性作品是 Chappell 和 White 提出的 I 型和 S 型,这在前文已经论述过了。

徐克勤等(1984)根据物质来源、形成方式及构造位置将花岗岩划分为三大类:(1)陆

壳改造型,是由地槽沉积物经混合岩化、花岗岩化和有关的再生—重熔作用最终形成的花岗岩类,它们主要是正常的黑云母花岗岩,一般不与基性或中性侵入体伴生,也不和对应的同源火山岩伴生;(2)同熔型,这类花岗岩形成构造活动带,由上地幔衍生的安山质岩浆的上升,引起硅铝层地壳部分重熔,形成同熔岩浆,经混染作用,结果导致中性至酸性的侵入岩及对应的火山岩的形成;(3)幔源型,通常与超镁铁质岩石及海相基性火山岩有成因联系。

涂光炽(1984)根据成岩物质来源及成分特征,除了划分出壳型、壳幔型及幔型外,还特别提出了一个富碱侵入体,后者包括狭义的碱性岩(正长岩、霞石正长岩、辉石正长岩等)和碱性花岗岩,它们受深大断裂控制,产生于断裂处于拉张状态时,并可能与板块晚期发育历史有关。

董申葆(1984)首先根据物质来源及形成方式将花岗岩分为两大类,即地壳重熔花岗岩及地幔分异花岗岩,然后将前者再划分为混合花岗岩及岩浆花岗岩,将后者再划分为与超基性岩有关的花岗岩及与钙碱性火山岩有关的花岗岩。

迪迪埃等(1984)根据花岗岩中包体为变沉积岩还是变火成岩而把花岗岩划分为Cs(地壳沉积岩)、Ci(地壳火成岩)及M(地幔)型。

正当各国研究者们热衷于花岗岩物质来源分类的研究时,英国皇家学会会员、英国地质学会前理事长 Pitcher(1983)根据板块构造学说,提出了对花岗岩进行构造环境分类的方法,从而使花岗岩的分类研究又进入了一个新的境界。

“不同成因类型的花岗岩代表不同的活动带”,这是 Pitcher 的基本思想,也就是说,特定的构造环境将产生特定的花岗岩,因此,他把花岗岩分成五种类型:

- 1) 海洋岛弧型(M型),以大洋岛弧型斜长花岗岩为主;
- 2) 活动大陆板块边缘型(科迪勒拉I型),以大量辉长岩-石英闪长岩-英云闪长岩组合为代表;
- 3) 造山期后隆起区型(加里东I型),以花岗闪长岩和花岗岩为主;
- 4) 克拉通褶皱带和大陆碰撞带型(S型),为过铝质花岗岩组合;
- 5) 稳定褶皱带和克拉通的隆起-裂谷型(A型),为碱性花岗岩组合。

值得提到的是 Batchelor 和 Bowden(1985)将 Roche 用于岩石种类划分的多阳离子 R_1 - R_2 图解与 Pitcher 对花岗岩的构造环境分类揉为一体,提出了一个鉴定花岗岩形成环境的 R_1 - R_2 图解。

随着花岗岩成因类型的划分,就相继提出了不同类型花岗岩与不同类型矿化的关系。

拉梅尔等(1984)将花岗岩看作是深成型岩系演化的终端(趋同性演化),并指出:拉斑质岩系和钙碱性奥长花岗岩系常常伴有硫化物矿床,有时还有块状硫化物矿床;钙碱性岩系(花岗闪长岩趋势)产生多种斑岩铜钼矿床,其周围常有铅锌石英脉;二长岩系的晚造山花岗岩有辉钼矿矿化或铀、钍矿物的富集;碱性岩系有稀土、铌、锆的矿化;活化岩(Mobilizate)及有关花岗岩则有钨、锡、铌、稀土、铀等重要矿化。

原苏联学者 Козлов 和 Свядковская(1977)曾提出过判别花岗岩含矿性、潜在含矿性的微量元素图解。我们亦曾注意到华南许多与钨、锡及稀有金属成矿有关系花岗岩具有特征的稀土元素分布模式。

关于花岗岩区填图方法的研究,值得注意的是 Pitcher 等在秘鲁海岸带花岗岩区创立

了花岗岩单元-超单元填图法。他们把因岩浆分异而形成的一套在时间上、空间上和成因上有密切联系的岩石组合看成是一个单元,同一造山带内不同深成岩体中上述单元的多次重现,就可以建立一个超单元。花岗岩区单元-超单元填图,实质上是岩石地层学方法在花岗岩区的应用。

在简略地回顾和介绍了当前国内外对花岗研究的动向后,我们最深的感受是:不同地区有不同的花岗岩成因和类型特征,许多作者在一个地区做了深入的研究之后,自然会得出关于这个地区花岗岩成因、分类的一系列见解,正如大家所熟悉的 Chappell 和 White 对澳大利亚拉克兰地区所划分的 S 型和 I 型花岗岩;石原舜三对日本地区所划分的磁铁矿系列与钛铁矿系列;徐克勤等对华南地区所划分的陆壳改造型、壳幔同熔型和幔源型。我们所研究阿尔泰地区的花岗岩也有它的特征,就是与造山作用的紧密联系以及气势宏伟的花岗岩化作用,既不同于华南以重熔分异作用为主形成的燕山期花岗岩,也不同于西藏雅鲁藏布江北岸的冈底斯岩带。因此我们在绪论中要说的是,阿尔泰花岗岩就是阿尔泰花岗岩。

第一章 区域地质概况

本区属于西伯利亚板块西南边缘古生代造山带,北邻西萨彦岭古岛弧带,东北部是乌列善-科布多古岛弧带,南侧以额尔齐斯深断裂与哈萨克斯坦板块相接。

第一节 地质演化史

阿尔泰造山带地质演化史可分为以下几个阶段。

一、稳定大陆边缘阶段(Z—O)

根据俄蒙周边情况看,西伯利亚板块南部是由太古宙、元古宙依次稳定下来的陆壳的镶嵌体,由于固结时间不同,内部稳定性差异也很大,从震旦纪到中寒武世发生区域性引

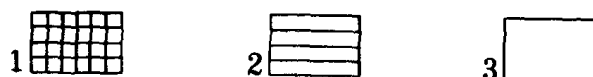
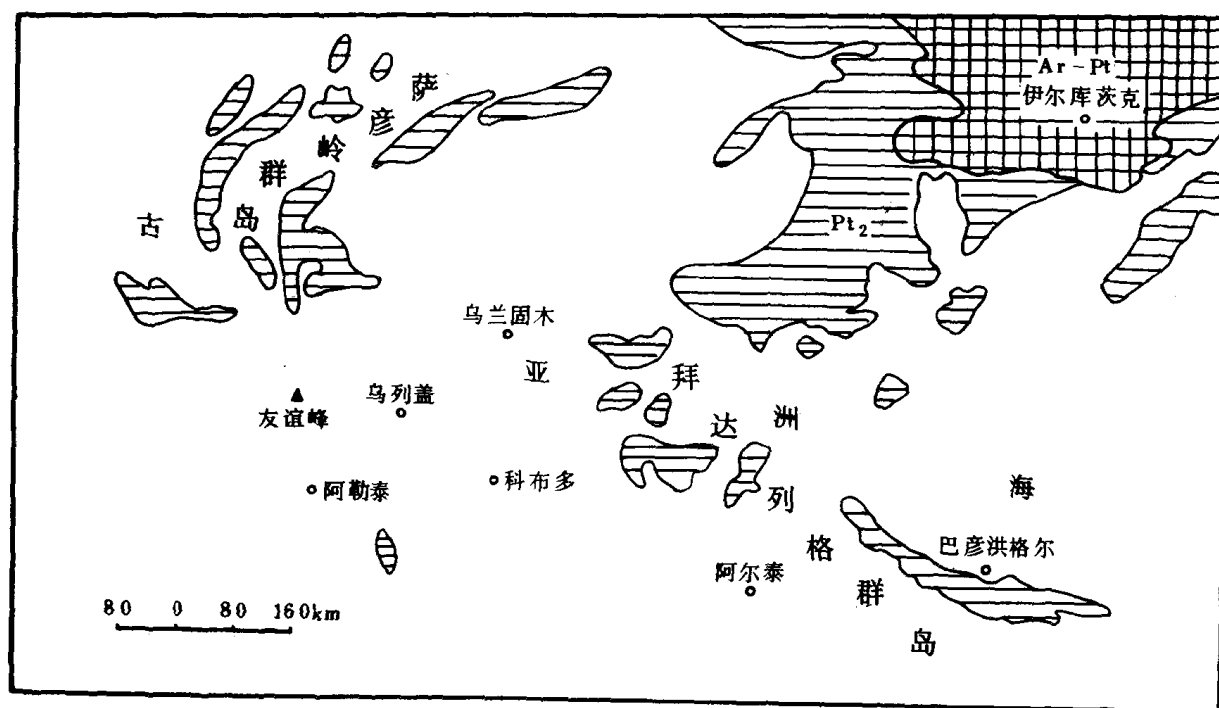


图 1.1 兴凯-中加里东期古构造图

1. 太古宇一下元古界; 2. 中、上元古界; 3. 海洋

张,古陆解体,出现了大陆边缘裂谷。随着大陆边缘沉降,不少地方出现了过渡型地壳甚至于洋壳。本区恰好处于北东向萨彦岭群岛和北西向拜达列格群岛钝角的交接地带(图 1.1),实属沉降大陆边缘,陆源碎屑物质来源丰富,形成了一套巨厚的复理石沉积,韵律层理清楚,偶尔可见水下滑动构造。从沉积相和古沉积环境分析,这套地层近似于大陆架和大陆坡沉积,推测是接近大河河口的沉降海岸。

中加里东期,中亚-蒙古大洋开始闭合,本区由区域性引张转化为区域性挤压,使邻区形成了数条俯冲带(图 1.2)。从哈纳斯地区上奥陶统东锡勒克组(O_3d)不整合于震旦—奥陶系变质岩系之上,无疑说明中加里东运动的重要性。

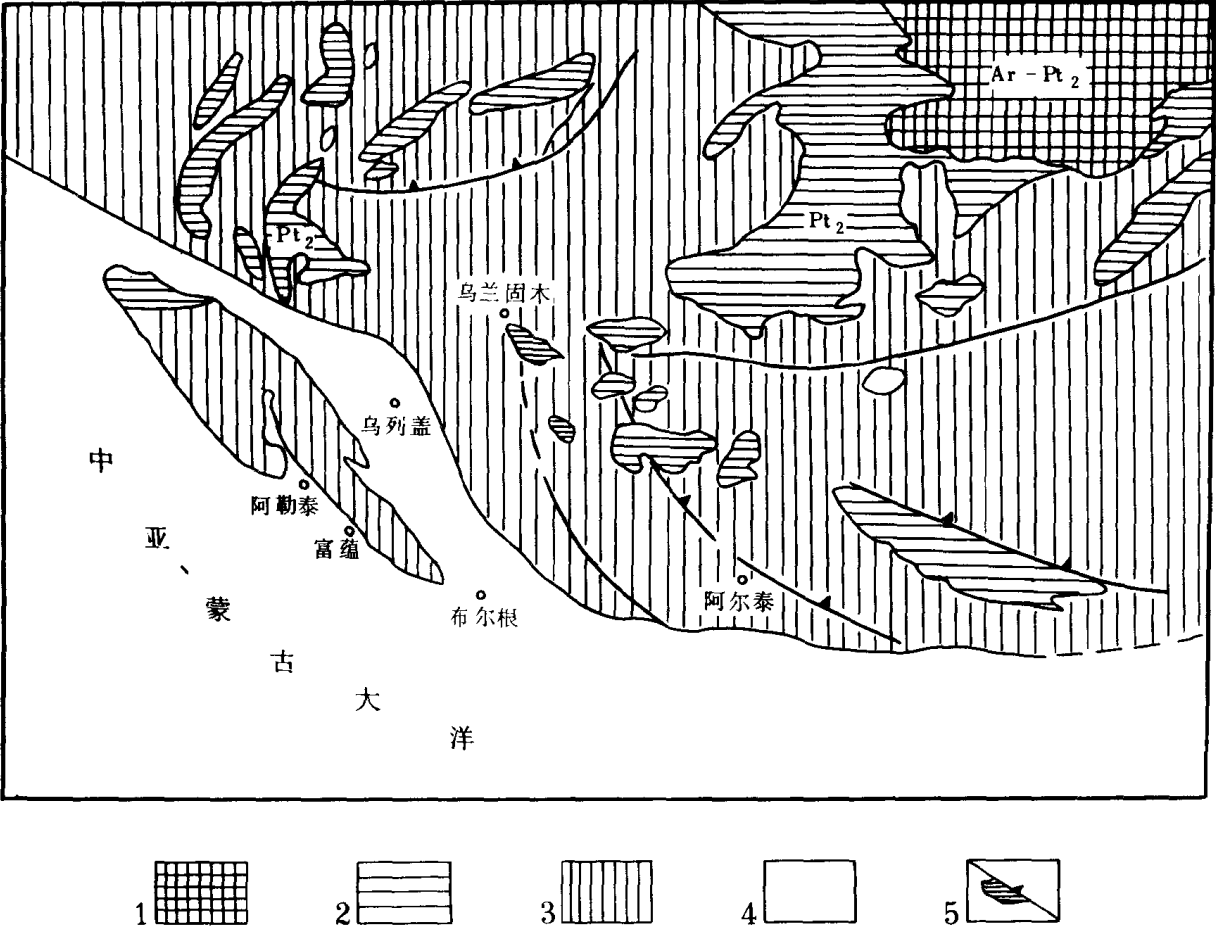


图 1.2 晚加里东期古构造图

1. 太古宇—下元古界; 2. 中、上元古界; 3. 下古生界; 4. 海洋; 5. 俯冲带及蛇绿岩套

二、初次岛弧阶段(O_3-S)

经过中加里东运动之后,西段哈纳斯隆起,首先进入初次岛弧阶段,连同其上白哈巴组(O_3b)可看作是下磨拉石沉积;东段青河地区也紧随其后褶皱隆起,使岛弧得以向东南延伸。而中段奥陶纪时很可能属于水下弧,直到晚加里东期库鲁木提群($Sk1$)沉积后通过

弧前盆地的构造运动和俯冲型造山所引起中基-中酸性岩浆的铺垫,才逐渐露出海面,形成统一阿尔泰初次古岛弧带。从此本区由大西洋型大陆边缘转化为岛弧型大陆边缘。

三、再次岛弧阶段(D)

经过早、中泥盆世数千万年相对稳定之后,到中泥盆世末期,中亚-蒙古大洋又开始闭合,在本区主要表现是斋桑-准噶尔古洋壳向阿尔泰再次古岛弧(以便与晚加里东初次岛弧相区别)之下俯冲,这样就出现了乌恰微大陆(元古界地体)向阿尔泰古岛弧带的碰撞拼贴,形成了增生(或附加)型造山作用(图 1.3)。

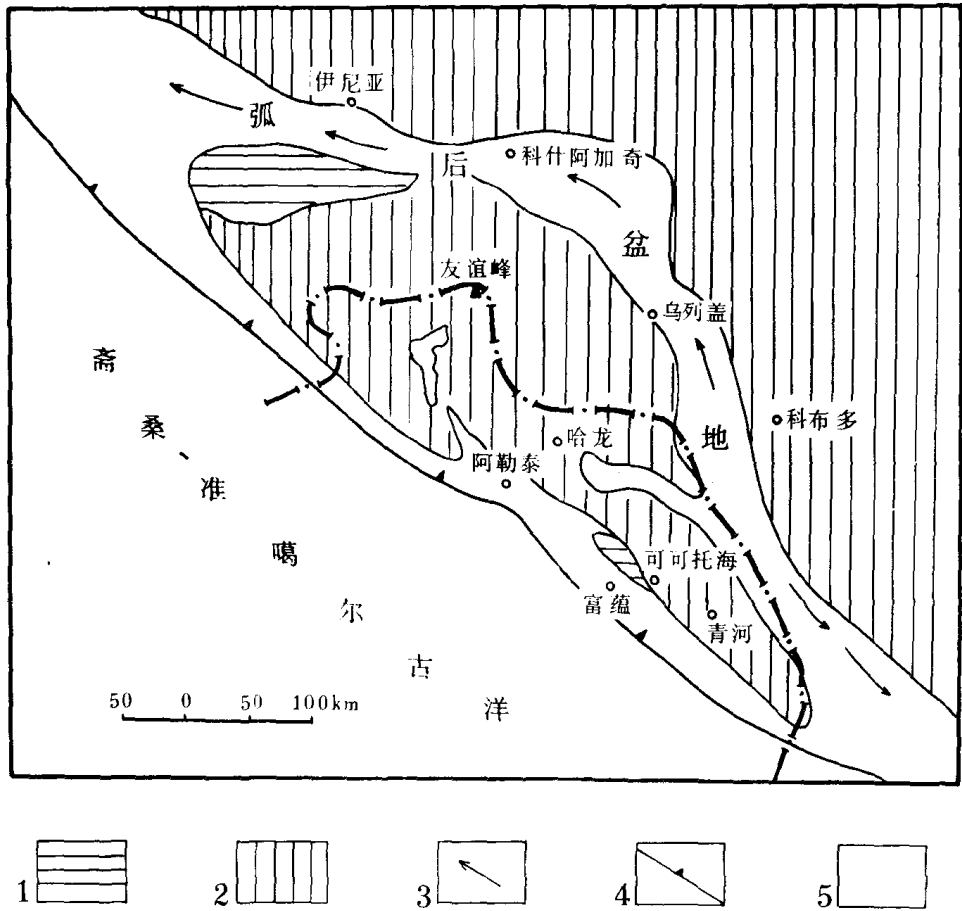


图 1.3 早海西期古构造图

1. 中、上元古界; 2. 下古生界; 3. 海退方向; 4. 俯冲带; 5. 海洋

尽管规模有限,但碰撞型造山作用开始后形成了标志着陆壳大规模形成的岩石组合。在弧前盆地,中、下泥盆统厚近 8000m,康布铁堡组(D₂k)和阿尔泰组(D₂a)为钙碱性系列-碱性系列火山岩-深成岩组合,包括玄武岩、斜长玢岩、安山岩、石英斑岩、石英钠长斑岩、流纹岩以及与其对应的辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩及中基-中酸性火山碎屑岩、凝灰岩、集块岩、凝灰质砂岩、砂岩等。火山岩从海底喷发→亚陆相喷发,火山岩与火山磨

拉石呈横向过渡的共生关系。反映了岛弧向高度成熟方向发展的不均衡性。其次是弧后盆地,中、上泥盆统厚数千米,忙代恰群(D_2-3md)和库马苏群(D_3C_1km)为钙碱性系列-碱性系列、火山岩-深成岩组合,像安山玢岩、流纹质英安斑岩、石英斑岩等,它们与火山磨拉石也呈横向过渡共生关系。另外,在哈纳斯河流域及阿祖拜一带,NWW向小型弧背张裂盆地中也有泥盆系钙碱性火山岩及火山碎屑岩不整合在下古生界初次岛弧变质基底之上。

总之,早海西期是中亚-蒙古大洋闭合,斋桑-准噶尔古洋壳向西伯利亚古陆壳之下俯冲、消减,并导致阿尔泰再次古岛弧带成熟的鼎盛时期,壳型、壳幔型花岗岩相继在岛弧上就位,而交代型花岗岩主要形成于岛弧中部、哈龙-青河复背斜带中段及额尔齐斯复向斜北翼。这一区域俯冲带倾角较缓,热流值和地热梯度较高,接近动力热流变质作用。轴部,凡深熔、构造热事件波及所至,不管地层新老均形成与其相对应变质带,大规模混合岩化和花岗岩化也应运而生。

四、大洋闭合(碰撞造山)阶段(C)

早石炭世红山嘴组(C_1h)沉积之后,西伯利亚(陆)板块与阿尔泰再次岛弧带发生碰撞(新几内亚型造山),导致弧后盆地关闭(包括布尔根海湾),转化成阿尔泰陆缘山弧带,结

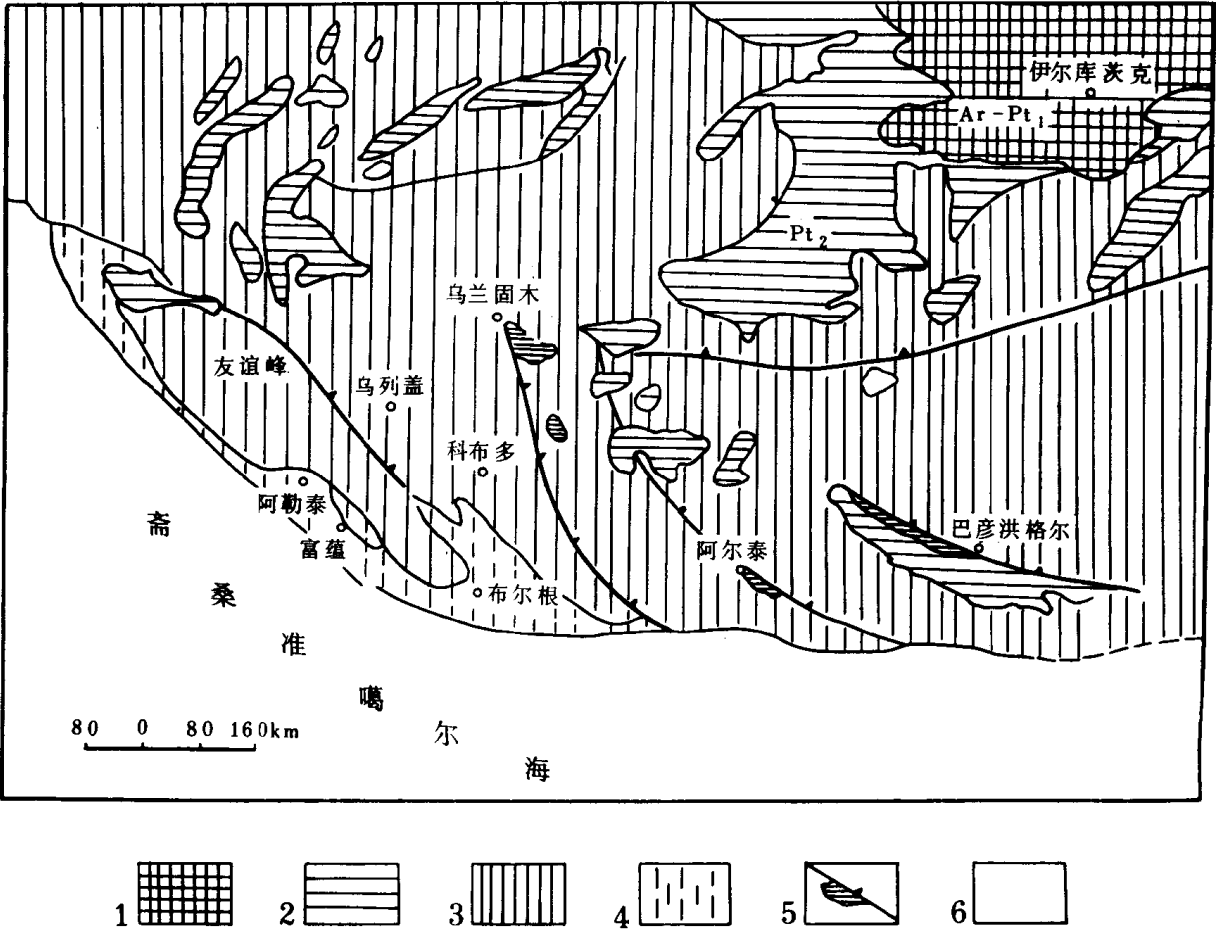


图 1.4 中海西期古构造图

1. 太古宇一下元古界; 2. 中、上元古界; 3. 下古生界; 4. 上古生界(泥盆系); 5. 俯冲带及蛇绿岩套; 6. 海洋