

中华人民共和国科学技术部
中国地质调查局 资助

阿尔金地区成矿地质条件 与远景预测

王小凤 陈宣华 陈正乐 陈柏林 著
王连庆 杨 风 王克卓

地质出版社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是关于阿尔金地区成矿地质条件与成矿远景预测的一部专著。它全面论述了阿尔金地区区域成矿地质背景,划分了区域成矿带,探讨了矿源岩或矿源层的岩石地球化学特征、成岩构造环境及其与成矿作用的关系,阐述了区域构造应力场演化控制矿化富集过程的模式及控制区域地球化学异常空间展布的因素。在深入总结新发现的铜金矿点或矿床成矿地质条件、成矿机制和成矿模式基础上,提出区域上可能存在的铜金为主多金属矿床的主要类型、实现区域找矿突破的类型。书中还介绍了区域成矿远景预测成果,为阿尔金地区今后的科研和地勘工作部署提供了科学依据。

本书可供地学界专家和广大科技人员、有关高等院校教师、研究生和高年级大学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

阿尔金地区成矿地质条件与远景预测 王小凤等著 .
—北京:地质出版社,2004.1
ISBN 7-116-04231-8

. 阿 王 成矿条件—新疆 成矿
预测—新疆 . P617.245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 107170 号

组稿编辑:王大军 白 铁
责任编辑:李凯明
责任校对:黄苏晔
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083
电 话:(010)82324508(邮购部) (010)82324579(编辑室)
网 址:[http:// www.gph.com.cn](http://www.gph.com.cn)
电子邮箱:zbs@gph.com.cn
传 真:(010)82310759
印 刷:北京京科印刷有限公司
开 本:889mm×1194mm^{1/16}
印 张:30 图版:8 页
字 数:930 千字
印 数:1—800 册
版 次:2004 年 1 月北京第一版·第一次印刷
定 价:100.00 元

ISBN 7-116-04231-8 P·2519

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

序

阿尔金山位处青藏高原东北缘,它分割了塔里木盆地与柴达木盆地,沿之发育了一条令人瞩目的阿尔金山走滑断裂带,绵延 1600km。这条断裂带的形成演化对区内岩浆活动、沉积相、变质相和成矿带的发育和展布起着主导控制作用,并与青藏高原隆升过程有着紧密的动力学联系。因此 20 世纪 70 年代以来国内外学者对于阿尔金山断裂带与青藏高原隆升之间联系问题进行了大量的研究,取得丰富的成果。但是对该区矿产资源调查研究工作程度却很低,几乎没有成型的金属矿床产出。

近些年来,由于西部大开发战略需要,国家科技部和中国地调局先后立项开展阿尔金山矿产资源调查和综合研究工作,王小凤研究员及其科研集体率先开始阿尔金山地区成矿地质条件及远景预测的综合研究工作。

阿尔金山地区自然条件极为恶劣,山高路难、风大天寒,无人无水无路。但是项目组研究人员风餐露宿、不畏艰险、克服困难、勇于开拓、团结奋战,自 1996 年始,历经六年野外工作,踏遍阿尔金山主要的沟谷、山脊,收集了大量野外第一手资料,并运用多学科多种先进技术方法和手段获得了大量实验数据,取得了丰硕的研究成果,该书则是此项成果的全面总结,也是作者们六年来历尽艰辛的结晶。

李四光教授(1970)认为,地壳各部分中储藏的矿产是受双重控制的,一是成矿的条件,二是矿产分布的规律。成矿条件,主要是决定于岩性和有关岩体、岩层成生时的环境和它们之间相互的关系。矿产分布的规律,一部分和成生条件有关,但主要受构造体系的控制。《阿尔金山成矿地质条件与远景预测》一书则是将成矿条件和矿产分布规律相结合研究的典范。

本书以现代成矿动力学理论为指导,运用将物质与运动统一的思路和地、物、化、遥相结合的方法,初步查明中新元古界、古生界的含矿性,花岗岩类、基性超基性岩类及火山岩类矿产的成矿前景,建立区域构造基本格架,探讨区域构造-岩浆活动-变质作用的演化与成矿作用之间关系,厘定不同尺度控矿构造型式,并进一步通过对优选地球化学异常区带和主攻区段金铜成矿地质条件典型剖析,指出阿尔金山地区金、铜矿床存在的地质条件,主要矿化类型、矿化富集规律及找矿标志,划分区域成矿区带,提出寻找铜、金矿床的找矿方向及成矿远景预测区。

本书运用构造体系控矿理论,深入分析了研究区构造带、岩相带和成矿带的关系,将研究区构造合理地划分为阿尔金山走滑断裂系和阿尔金山北缘东西向构造带两个战略性控矿体系,并运用构造多级序理论和构造复合控矿理论有效地预测了战术性有利成矿部位,有利地指导了找矿工作,发现了众多铜、金矿产地,实现了区域上找铜、金矿床的突破。

在区域成矿背景方面,本书通过盆地沉积-变形过程分析,并结合热年代学及稳定同位素地球化学分析结果,提出新生代阿尔金山断裂系晚新生代走滑历史的新证据,特别对阿尔金山断裂新生代位移量、位移速率及隆升过程研究获得创新进展。同时本书还通过 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 热年代学和锆石 U-Pb 年代学研究,对阿尔金山地区重要地质构造演化事件及主要岩浆活动提出精确的定年数据,其中主要活动时期为早古生代晚期,确立了阿尔金山北缘早古生代岩浆弧及其相伴的铜为主多金属成矿作用的存在,发现阿尔金山北缘构造带早侏罗世(187 ~ 200Ma)发生重要伸展作用和金的成矿作用。

在区域成矿地质条件方面,本书通过野外观测和岩石地球化学分析相结合,阐明矿源岩或矿源层的岩石地球化学特征、成岩构造环境及其与成矿作用的关系。指出太古宇、长城系、蓟县系、志留系、石炭系和加里东期、印支期花岗岩中金元素丰度、富集系数较高;铜、金等几种主要元素组合的高背景或异常的空间展布受阿尔金山北缘断裂带和阿尔金山走滑断裂系及其不同级次断裂带的控制。特别指出阿尔金山地区早古生代火山岩及硅质岩系具有形成海底火山喷流-热水沉积型及斑岩型铜为主多金属矿床的前景

与条件。

在成矿远景预测方面,本书在对新发现的火山喷流-热水沉积型拉配泉和喀腊大湾铜矿及韧性剪切带型大平沟金矿床进行典型矿床研究与区域成矿地质条件分析的基础上,划分了区域成矿带,提出成矿远景预测方案,以及阿尔金地区可能存在的铜、金为主多金属矿床的主要类型,并进一步指出在阿尔金北缘带寻找韧性剪切带型金矿的方向,以及在中上奥陶统火山岩系中寻找火山喷流-热水沉积型铜矿的找矿标志和找矿方向。

全书内容丰富、资料翔实,层次清楚、分析详尽,是一本高水平的力著。也是迄今为止有关阿尔金山地区最权威、最系统的一本地质力学在矿产资源勘查中应用的专著,书中数据、资料及观点认识实属首次公开发表。因此该书不但对阿尔金山地区矿产资源勘查有应用价值,而且对矿产资源勘查程度很低的西部地区也具有重要的参考价值。

在本书即将问世之际,谨向以王小凤研究员为首付出的艰辛劳动并作出了出色贡献的作者们表示衷心的热情祝贺和致意。

王小凤

二 三年十一月十二日

前 言

阿尔金山位于青藏高原的东北缘,阿尔金走滑断裂系的形成演化对区内岩浆活动、沉积相、变质相系及成矿带的发育和展布起着主导控制作用,并与青藏高原隆升过程存在紧密的动力学联系。由于西部大开发的需要,国家科技部和中国地质调查局先后立项对阿尔金山地区矿产资源前景进行调查研究。“九五”期间,国家科技部实施了“九五”国家重点科技项目(攻关)——“加速查明新疆优势金属矿产资源及大型矿床的综合研究”06-01B 专题,名称为“阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测(1996~2000)”,专题编号 96-915-06-01B,属科技攻关性质。中国地质调查局实施了“阿尔金地区综合找矿预测与突破”项目(1999~2001),项目编号 K1.1.2.3,属于国土资源大调查项目,属综合研究性质。以上专题和项目的负责单位为中国地质科学院地质力学研究所,参加单位为新疆地质调查院第一地质调查所。本书是在上述专题和项目研究成果基础上编写而成。

本书研究范围主要为苦牙克断裂以东新疆境内阿尔金山,并包括青海和甘肃省境内部分地区(图 1)。1960 年以来,原地质矿产部新疆、青海、甘肃地矿局、中国地质科学院、国家地震局等单位在阿尔金山地区开展了地质矿产调查(表 1、表 2)及地质科研工作,并吸收了国外地质学家共同进行科学考察。1980 年以来,该区研究逐渐成为国内外学者关注的热点,有多个中法、中美国际合作项目实施。以上工作对该区基础地质、矿产地质研究提供了宝贵的资料与数据,但总体上地质矿产研究程度较低,几乎没有成型的铜、金等多金属矿床产出。

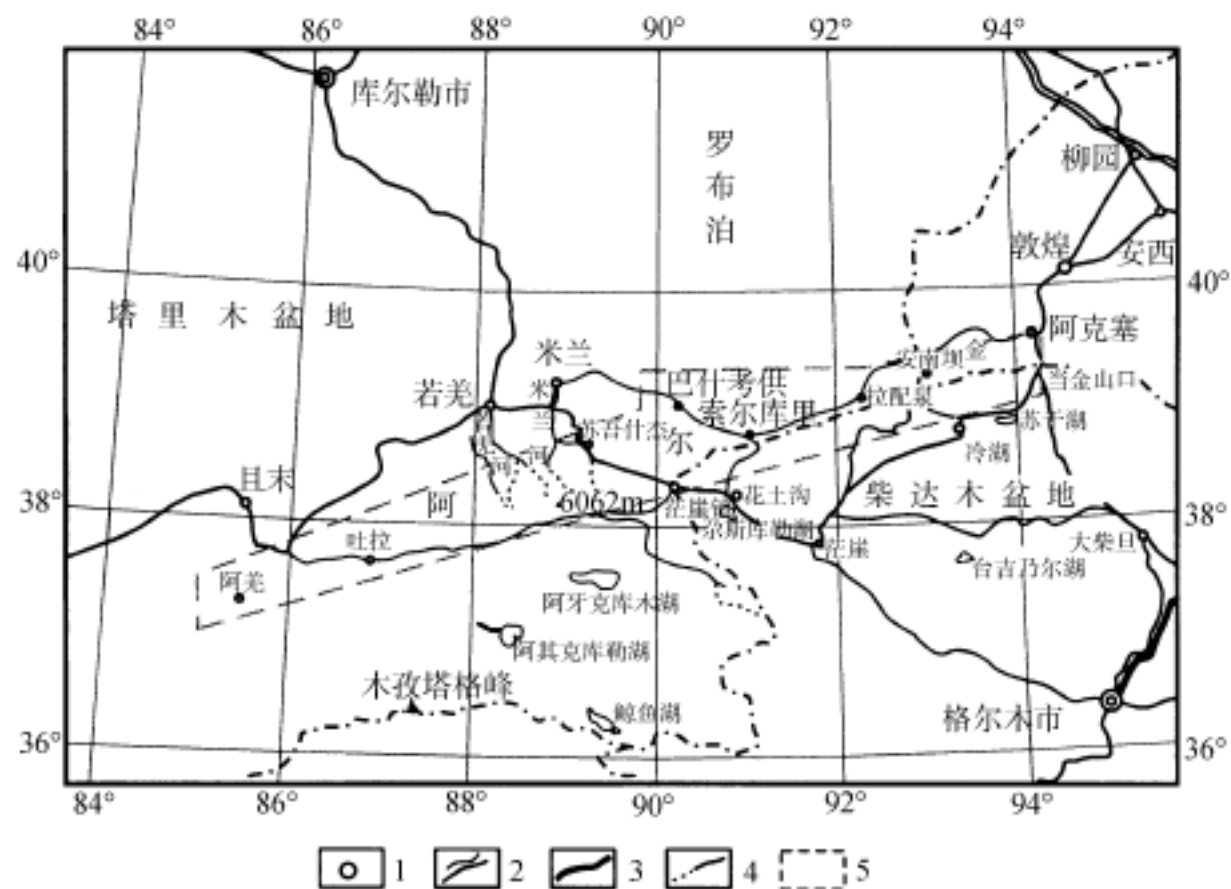


图 1 研究区交通位置示意图

1—县城、村镇及地理位置点;2—公路;3—铁路;4—河流;5—工作区范围

国家重点科技项目 06-01B 专题研究的任务:充分利用已有资料,特别是矿产和化探资料,初步分析成矿地质条件,开展以成矿预测为中心的地物化综合研究工作,优选主攻区段,开展地质路线调查,投入地物化剖面 and 面积工作,进行成矿区段的快速追踪评价;研究金、铜等矿床的成矿地质背景、找矿前提、找矿标志、矿化类型和富集条件等,初步划分成矿区带,初步查明成矿规律,指出找矿前景和

表 1 阿尔金地区区调图幅一览表

序号	项 目 名 称	承 担 单 位	完 成 时 间
1	且末河流域 1:100 万区测普查	新疆地质局区测大队	1966 年
2	昆仑山东段且末县阿昌南部 1:200 万区域地质测量及普查找矿	新疆地质局区测大队	1971 年
3	托库孜达坂东部、阿雅克库木库里西部 1:100 万地质矿产调查	新疆地质局区测大队	1971~1972 年
4	塔什库勒地区西半幅 1:100 万地质测量	新疆地质局区测大队	1991 年
5	阿雅克库木湖地区 1:100 万区域地质矿产调查	新疆地质局区测大队	1980~1982 年
6	阿其克库勒湖地区 1:100 万区域地质矿产调查	新疆地质局区测大队	1980~1982 年
7	昆仑山玉龙喀什河上游—喀拉米兰河一带 1:100 万区域地质矿产调查	新疆地矿局第一区域地质调查大队	1984~1985 年
8	课帕幅 1:20 万区域地质矿产测量	新疆地质局区测大队	1971~1972 年
9	巴什考供幅 1:20 万区域地质矿产调查	新疆地质局区测大队	1979~1980 年
10	索尔库里幅 1:20 万区域地质矿产调查	新疆地质局区测大队	1979~1980 年
11	俄博梁幅 1:20 万区域地质矿产调查	青海省地质局区调队	1986 年
12	茫崖工作委员会幅 1:20 万区域地质矿产调查	青海省地质局区调队	1980 年
13	多坝沟幅 1:20 万区域地质矿产调查	甘肃地质局第二区测队	1977 年
14	冷湖幅 1:20 万区域地质矿产调查	甘肃地质局地质力学区测队	1979 年
15	肃北幅 1:20 万区域地质矿产调查	甘肃地质局地质力学区测队	1976 年
16	当金山口幅 1:20 万区域地质矿产调查	甘肃地质局第二区测队	1977 年

表 2 阿尔金地区矿产地质普查项目一览表

序号	项 目 名 称	承 担 单 位	主 要 成 果	完 成 时 间
1	阿昌西南 J-45-97D、98C.D、109B、110A.B 1:5 万区域地质矿产调查	新疆地勘局第二地质大队		1993 年
2	东昆仑地区地质踏勘及化探方法试验	新疆地勘局第一区调大队		1992 年
3	东昆仑地区黑顶山幅 1:20 万区域地质矿产调查野外工作	新疆地勘局第一区调大队		1992 年
4	东昆仑库木巴彦山一带金铜普查找矿	新疆地勘局第一区调大队		1993 年
5	阿尔金地区 1:50 万甚低密度地球化学测量	新疆地勘局第一区调大队		1993~1997 年
6	东昆仑地区 1:50 万甚低密度地球化学测量	新疆地勘局第一区调大队		1996~1999 年
7	阿尔金山恰什坎萨依含蚀变破碎带矿产评价	新疆地勘局第一区调大队		1996 年
8	新疆若羌县库木巴彦山黑山金矿普查	新疆地勘局第一区调大队		1996 年
9	新疆若羌县拉配泉齐勒萨依铜矿普查	新疆地勘局第一区调大队	发现铜矿化点 4 个,激电测量发现宽度约 100 米、长度大于 500 米的激电异常,极化率一般在 5%~8%,局部达 13%~15%	1998~1999 年
10	新疆若羌县索尔库里 1:10 万化探及异常查证	新疆地勘局第一区调大队	圈出大平沟金铜异常、卡拉塔格银多金属异常、大平沟西金铜异常和克斯布拉克金铜异常	1998~1999 年
11	新疆若羌县大平沟金矿评价	新疆地勘局第一区调大队	发现大平沟金矿(小型)一个	1999 年
12	新疆若羌县贝克滩一带 1:10 万化探及异常查证	新疆地勘局第一区调大队		1998~1999 年
13	拉配泉 1:20 万区域化探扫面	新疆地勘局物化探大队		1996~1998 年

找矿方向;提交普查评价基地和找矿靶区,计算科研预测储量。阿尔金地调项目研究的任务:全面收集区内地、物、化、遥资料,并进行初步分析;选择重点地区进行野外踏勘检查;利用新理论、新技术、新方法对区内资料深入分析研究,提出进一步开展工作的地区。目的在于为下一阶段开展面积性调查评价工作提供选区、找矿方向和思路。

李四光(1970)认为,地壳各部分中储藏的矿产是受双重控制的,一是成矿的条件,二是矿产分布的规律。成矿条件,主要是决定于岩性和有关岩体、岩层成生时的环境和它们之间相互的关系。矿产分布的规律,一部分和成生条件有关,但主要受构造体系的控制。由此提出的研究思路是,以现代成矿动力学理论为指导,以构造地球化学为主导,地、物、化、遥相结合的方法,查明阿尔金地区成矿条件,厘定最优成矿-构造型式,进而提出一批铜、金为主的成矿远景预测区和找矿靶区。成矿动力学的核心思想是在构造动力(地应力、压力)作用下,导致岩石圈物质发生形变相变,成矿元素发生活化迁移,并在有利地段聚集成矿。任何矿床的形成都是这一过程的产物,并按照一定构造型式展布。地质学家的任务是建立构造形态演化-岩相组合-时空演化-元素分布富集的类型之间的联系,确定不同尺度成矿-构造型式,用以指导区域成矿预测和找矿靶区优选。本研究采用多学科、多手段相互交叉渗透,将矿田构造、矿床学、岩石学、沉积地层学、构造地球化学、地球物理、遥感地质、岩石力学、计算机技术等相互结合,安排进行找矿预测与突破,其工作程序是:在已有的地、物、化、遥资料综合分析基础上,选出重点找矿区段,开展地质路线调查,测制构造地球化学剖面,采集岩石化学样品,在矿化蚀变明显地段布置化探工作量和地质测量,逐步缩小找矿靶区,发现矿化体;对新发现的矿(化)体、区带,布置大比例尺地质调查、物化探测量及研究工作,查明矿化类型、富集条件和找矿标志;通过必要的工程揭露,探明矿(化)体的规模;在点面调查基础上,总结本区大型铜、金矿床成矿地质条件、主要矿化类型、矿化富集条件、找矿标志和成因类型,划分构造-岩相-成矿带,提出成矿远景预测区和找矿靶区。

阿尔金山地区自然条件恶劣,山高路难,风大天寒,大部分属于三无(无人、无水、无路)地区。但是本项目组人员不怕困难,团结奋战,天当房地当床,从1996年到2001年每年野外工作2~3个月(有的同志在三个月以上),踏遍阿尔金山主要沟、谷、山脊(图2),超额完成项目与专题规定的工作量(表3)。

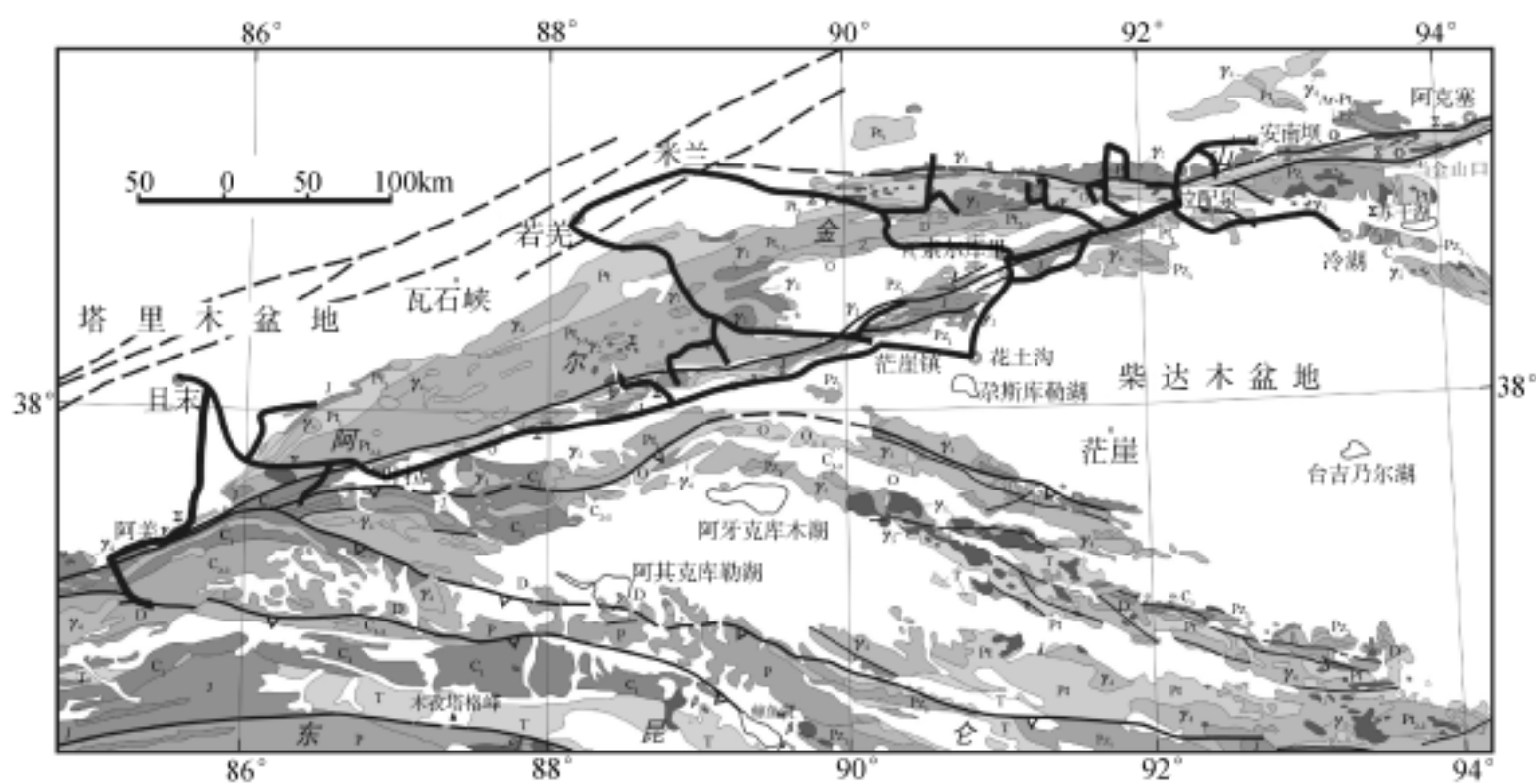


图2 野外地质调查路线图

表 3 完成的主要实物工作量

内 容	工 作 量	内 容	工 作 量
构造地化剖面	40km	Ar-Ar、U-Pb 等同位素年代学	50 件
实测地质剖面	3km	ESR(电子自旋共振)测年	10 件
探槽	80m ³	FT(裂变径迹)测年分析	24 个
采集岩石(矿石)标本	1000 件	稳定同位素选样	180 个
采集各种测试分析样品	250 件	稳定同位素 O 和 C 测试分析	118 件
成矿元素(Au、Cu)分析	640 件	微体化石分析	154 件
试金样	700 件	声发射古应力测量	5 件
薄片、光片鉴定	500 件	TM 遥感影像	1 幅
岩石化学全分析	53 件	完成编制报告附图	5 张
多元素组合分析	50 件	野外平面地质图草测 1:2.5 万	50km ²
稀土元素分析	34 件	野外和室内照片	60 卷
X 光岩组及磁组构分析	118 件	单矿物选样	89 件(石膏:10 个;磷灰石:35 个;钾长石、黑云母、角闪石等共:44 件)
硫同位素	20 个		
成岩成矿流体包裹体测定	10 件		
电子探针	120 件		

在上述工作量基础上,进行综合研究,编制成本书。主要内容:阐明区域成矿地质背景,初步查明中新元古界、古生界的含矿性,花岗岩类、基性超基性岩类及火山岩类矿产的成矿前景,建立区域构造基本格架,探讨区域构造-岩浆活动-变质作用的演化与成矿作用之间关系,厘定不同尺度控矿构造型式,并进一步通过对优选地球化学异常区带的地、物、化、遥综合找矿研究和对其中主攻区段金铜成矿地质条件典型剖析,指出阿尔金地区金、铜矿床存在的地质条件,主要矿化类型,矿化富集规律及找矿标志,划分区域成矿区带,提出寻找铜、金矿床的找矿方向及成矿远景预测区。

本研究取得了以下主要成果:

1) 阿尔金走滑断裂体系和阿尔金北缘东西向构造带奠定了本区的构造格架,控制了区域一级构造-岩相-成矿带的展布;北东东向阿尔金断裂带与东西向阿尔金北缘断裂带以及祁曼塔格至东昆仑一系列北西西向弧形构造带的复合部位,成为矿田、矿床赋存的有利部位。低级序构造型式决定了矿床、矿体赋存的空间。

2) 通过盆地沉积-变形过程分析,并结合热年代学及稳定同位素地球化学分析结果,提出新生代阿尔金断裂系走滑历史的新证据。在对阿尔金中段晚新生代盆地沉积特征和变形过程的观测分析基础上,建立了阿尔金中段晚新生代沉积序列并恢复盆地沉积-断裂-古构造地貌,进而推断阿尔金断裂经历斜张走滑、正左行走滑和左行走滑三个阶段,提出了阿尔金中段晚新生代以来左行走滑位移量为 80~100km,走滑速率为 16~20mm/a。通过磷灰石裂变径迹测年分析和阿尔金山前盆地内新生代地层中碳酸盐胶结物的 ¹⁸O 和 ¹³C 的测试结果,结合沉积学特征研究,反演了阿尔金山脉的隆升期次和幅度,特别提出了在 8Ma 左右发生过阿尔金山脉的隆升和断裂带快速大规模的走滑变形事件。

3) 通过 U-Pb 和 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 热年代学研究,对阿尔金地区重要地质构造演化事件及主要岩浆活动提出精确的定年数据。阿尔金地区自太古宙以来的岩浆活动分为 15 个时期,其中主要活动时期为早古生代晚期(490~385Ma),峰期年龄为 442Ma,为此提出阿尔金北缘地区早古生代存在岛弧体系,形成东西向早古生代岩浆弧。阿尔金地区自元古宙以来经历了四次重要的抬升和剥露构造事件。本研究发现的阿尔金北缘拉配泉南倾正滑移断层,经历了早侏罗世(187~200Ma)和早白垩世晚期(100Ma)两期伸展作用,早期相伴发生金的成矿作用。

4) 通过野外观测和岩石地球化学分析相结合,阐明矿源岩或矿源层(花岗岩、火山岩、硅质岩、基性

超基性岩和蛇绿岩套)的岩石地球化学特征及其成岩构造环境。

5)通过区域地球化学资料综合分析,指出太古宇、长城系、蓟县系、志留系、石炭系和加里东期、印支期花岗岩中金元素丰度、富集系数较高;超基性岩中 Ni、Cr、Co 丰度和富集系数也较高。几种主要元素组合的高背景或异常的空间展布受阿尔金北缘断裂带和阿尔金走滑断裂系及其不同级次断裂带的控制。

6)在点、线、面相结合野外调查和地、物、化、遥资料综合分析基础上,将阿尔金地区划分为两条一级成矿带(阿尔金北缘金-铜-铁-多金属成矿带和阿尔金铁-铜-金-多金属成矿带)和若干二级成矿带及三级含矿构造。进一步查明阿尔金地区可能存在的铜、金为主多金属矿床的主要类型,其中火山喷流-热水沉积型铜矿、斑岩型铜矿和韧性剪切带型金矿床是阿尔金地区实现找矿突破的主要类型。

7)对新发现的火山喷流-热水沉积型拉配泉和喀腊大湾铜多金属矿及大平沟韧性剪切带型金矿床进行了典型矿床研究与区域成矿地质条件分析,进而提出阿尔金北缘地区剥离断层系及构造透镜体金矿成矿和控矿构造型式及找矿方向,以及在中上奥陶统火山岩系中寻找火山喷流-热水沉积型铜矿的找矿标志和找矿方向。

8)在区域成矿带和典型矿床研究基础上,提出阿尔金地区区域构造应力场演化控制其铜、金、多金属矿化富集过程的模式,将区域构造应力场和矿化富集过程大致划分为三个时期:前中生代挤压期、中生代伸展期和新生代走滑期。进一步运用有限单元法和渗流理论分析进行区域构造应力场和运移场数值模拟实验,验证了该矿化富集三阶段模式的成立,并指出相对低应力值区为矿化富集的有利部位。

9)本研究共发现铜、金多金属矿(化)点 15 处,提交普查评价基地 1 处(大平沟),找矿靶区 2 处(喀腊大湾、拉配泉),完成 334₁ 资源量黄金 30.04 吨、铜 16747.89 吨、锌 31134.42 吨等,实现了阿尔金地区找铜、金的突破。在此基础上进一步提出了优选成矿远景预测区的原则和标志,以及 16 个预测区。先后获准国家颁发的矿产勘查许可证 5 处。

上述专题和项目承担单位参加野外地质考察和室内研究的人员有:中国地质科学院地质力学研究所王小凤、陈宣华、陈正乐、陈柏林、王连庆、周显强、徐兴旺、张岳桥和乔岩松等,新疆地质调查院一所杨风和王克卓等。在研究过程中,项目组与美国加州大学洛杉矶分校地球与空间科学系等进行有关“新生代阿尔金断裂系滑移量、滑移速率和滑移量分配”的中美合作项目研究(1994~2001),其中 1994~1997 年为预研究阶段,美方参加人员有美国加州大学洛杉矶分校地球与空间科学系尹安(An Yin)教授, T. Mark Harrison 教授, C. E. Manning 教授, P. E. Rumelhart 博士, E. Cowgill 博士, M. A. Murphy 博士, A. C. Robinson 博士和 C. A. Menold 博士等;亚利桑那大学 G. Gehrels 教授, R. Butler 教授, G. Dupont-Nivet 博士和 D. Robinson 博士等;亚利桑那州立大学 R. Arrowsmith 教授和 Z. Washburn 博士等;Lawrence Livermor 国家实验室 F. J. Ryerson 博士。本书反映了中国地质科学院地质力学研究所、新疆地质调查院一所及中美合作项目组集体工作的成果,是本研究全体人员辛勤劳动的结晶。

本书分为 4 篇共 13 章,各章节具体分工如下:第一章由王小凤、陈宣华、陈正乐负责;第二章由陈正乐、陈宣华、王小凤负责;第三章由陈宣华、陈正乐负责;第四章至第七章由陈宣华、王小凤负责;第八章由杨风、王小凤负责;第九章由陈正乐、陈宣华、王小凤负责,第十章由陈柏林、陈宣华、杨风、陈正乐、王小凤负责;第十一章由陈柏林、陈宣华、杨风负责;第十二章由王小凤、陈宣华、杨风负责;第十三章由王小凤、王克卓、陈宣华负责;前言、后语由王小凤负责。本书最后由王小凤、陈宣华负责统编,陈柏林、陈正乐负责审校。图件编制由陈宣华、陈正乐、陈柏林和王连庆等完成。英文摘要由王小凤撰写,陈宣华、陈正乐翻译,陈正乐负责校对。

六年来,本课题组先后在新疆维吾尔自治区人民政府三五项目办公室、中国地质调查局和中国地质科学院的领导下和中国地质科学院地质力学研究所领导的关怀支持下,在孙殿卿院士、陈庆宣院士、肖序常院士和陈毓川院士的指导下,项目组成员努力工作紧密配合协作,圆满完成了研究任务。2000 年和 2002 年分别通过了国家三五项目办公室和中国地质调查局组织的专家组验收,被评为优秀科研成果。

本研究实施过程中,还得到新疆地调院院长王福同总工程师、董莲慧总工程师和左学义副院长的指

导、支持和关怀,野外工作中得到新疆地质调查院一所冯玉武、褚春花、司迁、田阔邦、吴益平等高级工程师和李学智、杨懿、杨子江、张爱国、李咸阳、田纹全、王兴、魏新昌、康正文、杜瑞芳、李彩莉、周秋茹、符豫江、谢正义、克里木等工程师,以及新疆地矿局第一地质大队桑少杰、彭明星等高级工程师和王亚飞等工程师的关心照顾和热情协助。野外工作还得到了北京大学地球与空间科学学院王长秋副教授的帮助。

中国地质科学院地质力学研究所张利容副研究员、袁嘉音工程师完成阿尔金北缘地区构造应力场数值模拟计算;王连庆、杨农研究员和乔子江副研究员完成部分图件的计算机制图。新疆地质调查院一所韩小明高级工程师和张小梅工程师完成阿尔金地区地质矿产图和 TM 遥感影像图计算机制图。中国地质科学院地质力学研究所声发射实验室(丁原辰研究员和邵兆刚副研究员)、ESR 实验室(吴乃芬工程师和江万研究员)、X 光岩组实验室(刘兆霞和曲玮副研究员),中国地质科学院国家地质实验测试中心,中国地质科学院矿床地质研究所流体包裹体实验室、电子探针实验室、同位素年代学实验室,北京大学 ICP 实验室、电子探针实验室,中国地质大学(北京)古地磁实验室,中国科学院地质与地球物理研究所和中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学实验室以及河北省地质矿产局廊坊实验室等有关单位协助完成部分样品测试、分析及计算任务。同位素地质年代学的测试分析得到了美国加州大学洛杉矶分校地球与空间科学系、亚利桑那大学地球科学系的支持和帮助,稳定同位素的测试分析工作得到了美国 Dartmouth College 地球科学系冯夏红教授、Page Chamberlain 教授、Poage Michael 博士和汤葵联博士的支持和帮助。在此一并表示感谢。

目 录

序
前 言

第一篇 区域地质概况

第一章 区域地质特征	(3)
第一节 研究简史	(3)
第二节 区域地层	(5)
第三节 区域岩浆活动和变质作用	(11)
第四节 构造体系及其演化	(12)
小 结——区域构造演化历史	(19)
第二章 断裂构造体系	(21)
第一节 断裂构造体系概述	(21)
第二节 阿尔金北缘拉配泉断裂——中生代伸展构造体系	(21)
第三节 阿尔金走滑断裂体系	(55)
小 结	(93)
第三章 区域热年代学和山脉隆升历史	(95)
第一节 区域热年代学研究方法	(95)
第二节 测年结果及其热演化历史的年代学制约	(99)
第三节 区域岩浆活动期次和热演化历史	(122)
第四节 青藏高原北缘新生代山脉隆升的稳定同位素证据	(126)
小 结	(132)

第二篇 区域成矿地质条件分析

第四章 阿尔金山北缘花岗岩类	(135)
第一节 概述	(135)
第二节 岩石化学	(140)
第三节 花岗岩类构造环境判别	(152)
第四节 花岗岩与成矿	(159)
小 结	(159)
第五章 阿尔金山火山岩类	(161)
第一节 火山岩的时代和分布	(161)
第二节 火山岩类型	(163)
第三节 火山岩岩石化学	(164)
第四节 微量和稀土元素地球化学	(167)
第五节 火山喷发的构造环境及其火山岩演化	(169)

第六节	火山岩结晶温度的计算.....	(177)
第七节	火山作用与成矿.....	(178)
小 结	.....	(179)
第六章	阿尔金山北缘喷流-热水沉积岩类	(180)
第一节	喷流-热水沉积岩	(180)
第二节	硅质岩类.....	(180)
第三节	其他可能的喷流-热水沉积岩类	(184)
小 结	.....	(184)
第七章	阿尔金山基性-超基性岩和蛇绿岩套	(185)
第一节	基性-超基性岩和蛇绿岩套的分布	(185)
第二节	阿尔金山北部红柳沟-拉配泉蛇绿混杂岩带	(185)
第三节	阿帕-茫崖蛇绿混杂岩带	(193)
第四节	蛇绿岩与成矿.....	(196)
小 结	.....	(196)
第八章	区域地球物理与地球化学特征.....	(198)
第一节	区域地球物理特征.....	(198)
第二节	区域重砂异常特征.....	(203)
第三节	区域地球化学背景.....	(204)
第四节	区域地球化学异常特征.....	(216)
第五节	典型地区化探异常特征——索尔库里地区.....	(226)
小 结	.....	(231)
第九章	构造应力场演化及其对矿产的制约作用.....	(232)
第一节	构造应力场分析.....	(232)
第二节	构造应力场的有限元数值模拟.....	(243)
第三节	构造应力场与矿液运移势.....	(251)
第四节	预测的有利成矿部位.....	(255)
小 结	.....	(255)

第三篇 典型矿床(点)特征

第十章	铜的矿化集中区.....	(259)
第一节	铜矿资源分布和铜矿化类型.....	(259)
第二节	拉配泉铜矿化集中区.....	(260)
第三节	喀腊大湾铜矿化集中区.....	(275)
第四节	索尔库里北山铜银矿床.....	(291)
第五节	大平沟南铜矿点.....	(305)
第六节	卡特里西铜锌矿床.....	(306)
第七节	秦布拉克铜-多金属矿化区	(312)
第八节	吐拉北吐孜敦东铜矿化点.....	(323)
第九节	盖吉里克铜矿(化)点.....	(324)
第十节	攸苏普阿雷克(红柳泉)铜矿点.....	(331)
第十一节	库勒萨依铜矿化点.....	(336)
第十二节	茫崖西-吐拉铜(金)成矿区铜矿化元素相关分析	(337)
第十三节	与超基性岩有关的铜矿化.....	(339)

第十一章	金的矿化集中区.....	(341)
第一节	金矿资源分布和金矿化类型.....	(341)
第二节	大平沟金矿床.....	(342)
第三节	其他金矿床(点)成矿地质条件分析.....	(338)
第四节	浊积岩型金矿床产出的可能性.....	(402)
小 结	.....	(407)

第四篇 区域成矿带划分与成矿远景预测

第十二章	阿尔金地区金属矿产矿化富集规律.....	(411)
第一节	铜-金矿化富集过程	(411)
第二节	构造控矿作用.....	(411)
第三节	阿尔金北缘构造带与成矿作用.....	(417)
第四节	阿尔金断裂对矿产分布的控制作用.....	(423)
第五节	成矿系统和矿床系列.....	(425)
第十三章	阿尔金地区金属矿产成矿远景预测.....	(426)
第一节	选择预测区的原则和标志.....	(426)
第二节	预测区可能存在的主要矿床类型.....	(426)
第三节	预测区概述.....	(427)
后 语	.....	(432)
参考文献	.....	(439)
英文摘要	.....	(451)
图版说明及图版	.....	(459)

第一篇 区域地质概况

李四光(1973)指出,“阿尔金山是一个向北凸出的隆起带,这一隆起带的南缘,即沿着柴达木盆地的边缘,呈现强烈挤压痕迹。但它和柴达木盆地的接触带的变质岩层的走向,并不与阿尔金山的轴向一致。阿尔金山看来是祁吕-贺兰山字型构造体系西翼反射弧的一部分,也可能受到康藏歹字型构造的影响,而造成它的构造材料,却是从另一构造体系分割出来的,从钻孔中还可以见到这一被包容的古老构造体系还伸展到柴达木盆地的基底。”阿尔金山是青藏川滇歹字型(或称康藏歹字型)构造体系头部外围褶带的一部分。

第一章 区域地质特征

阿尔金山(图 1-1)横亘在青藏高原北缘,延绵约 1000 km,由两个不同的褶皱断裂构造单元组成,南西端为 NEE-SWW 走向的索尔库里-且未隆起带,它构成了阿尔金山链的主体,北部为 EW 走向的红柳沟-拉配泉褶皱构造带,这些构造单元被一组走向 $N65^{\circ}\sim 70^{\circ}E$ 的巨型扭性断裂构造即阿尔金断裂带所截切。阿尔金断裂带以其强烈的贯穿性、巨大的规模和强烈的活动性为特征,是青藏高原北缘一条主控边界断裂,跨越不同构造单元,分割了塔里木盆地和柴达木盆地(图 1-2)。阿尔金构造带北西接塔里木地块,南东与柴达木地块相连,北东连接了祁连山构造带,南西端与西昆仑构造带相连,构造位置十分重要。长期以来,中外地质学家对于阿尔金构造带的大地构造性质和归属问题的认识颇不一致。

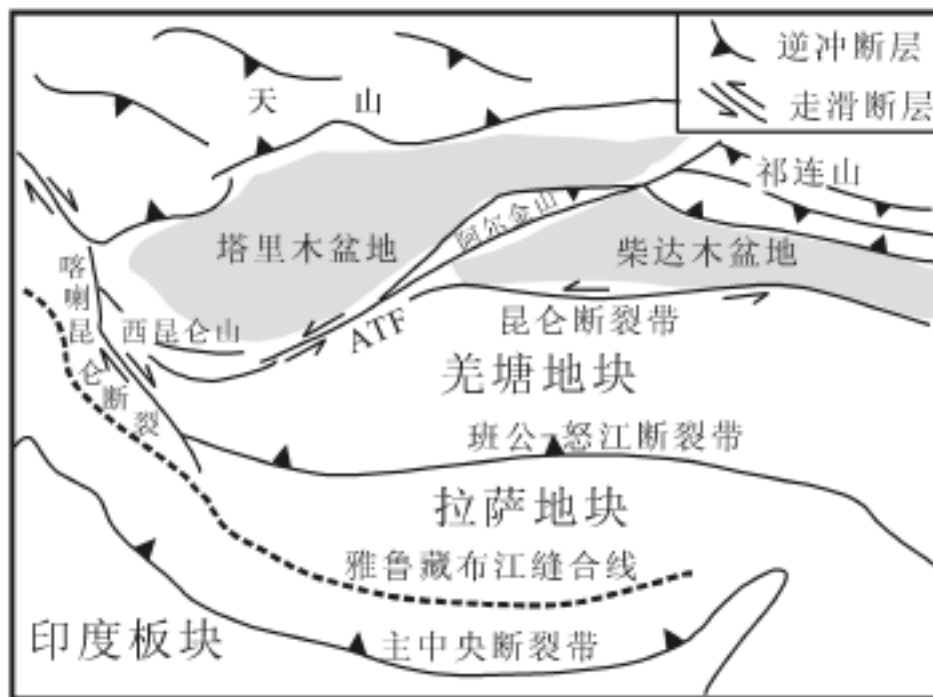


图 1-1 阿尔金构造带大地构造位置图
ATF—阿尔金断裂带

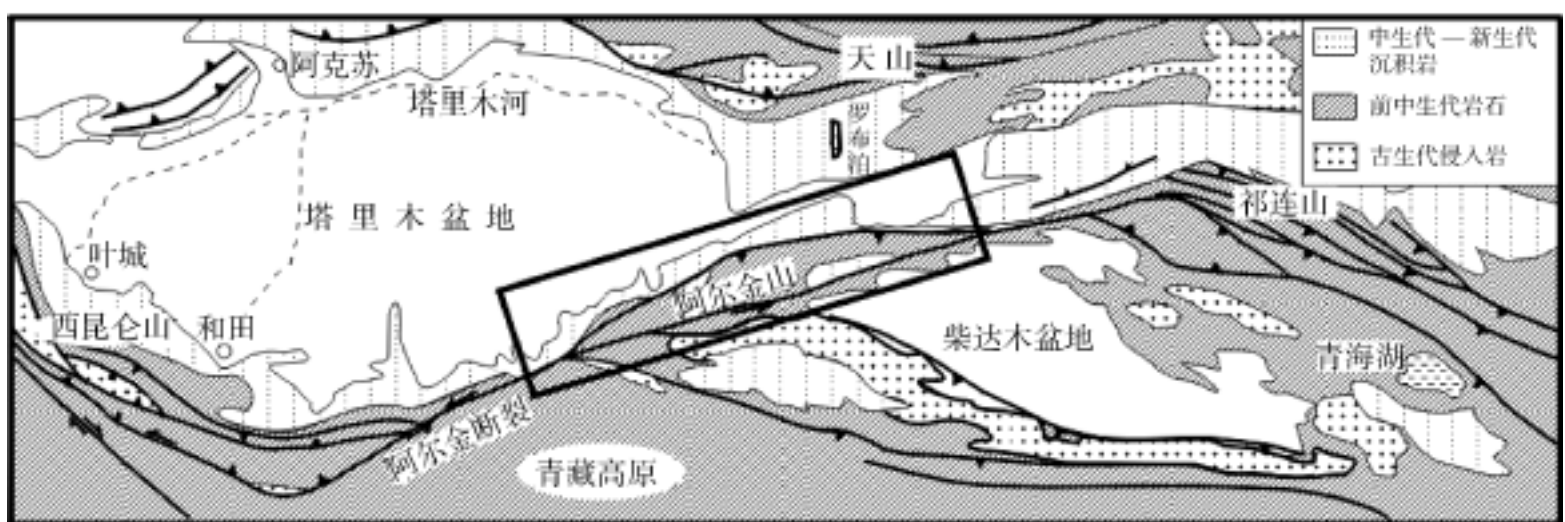


图 1-2 青藏高原北缘阿尔金地区构造简图

第一节 研究简史

由于地处西部边远干旱地区,交通条件差,气候恶劣,阿尔金山地区的地质研究程度相对较低。从

20世纪50年代后期至70年代,我国的地矿、有色、地震等部门在本区开展了1:20万~1:100万区域地质调查填图和地震烈度调查,80年代国家地震局组织了阿尔金断裂东北段活动构造的现场考察,原地质矿产部、国家地震局、国家科委和国家自然科学基金委员会资助了一批有关阿尔金断裂、石油及成矿条件研究等项目,90年代原地质矿产部与法国合作对阿尔金断裂系进行了系统的野外地质调查,中国地质科学院地质力学研究所与美国加州大学洛杉矶分校等对阿尔金断裂系及其邻区地质构造演化也开展了卓有成效的合作研究。此外,北京大学、西北大学、中科院地质所、国家地震局地质所与美国合作在本区也实施了一些重要的科研项目,取得了不少新的认识。但总体上本区地质研究程度较低,且主要集中在阿尔金断裂系的研究之上,区域地质和金属矿产的研究相对薄弱。

最早的调查者梁文郁等认为,夹在柴达木和塔里木之间的阿尔金山在古生代前为一大地槽。20世纪50年代,朱夏将阿尔金构造带划分为南阿尔金褶皱带、北阿尔金褶皱带、当金山-安南坝-金雁山地轴及塔里木地块和阿尔金山前中生代沉积带。黄汲清等(1964)将阿尔金山划归为西昆仑褶皱系,认为它是介于塔里木褶皱带和柴达木地块之间的呈北东东向延伸的华力西地槽褶皱带,其两侧皆为深断裂所控制。后来,黄汲清指导编制的1:1000万《中国大地构造图》(1976)将阿尔金深断裂以北划为加里东优地槽褶皱带,与祁连褶皱带隔阿尔金深断裂相对应。深断裂以南划归为昆仑华力西褶皱系,并认为属优地槽。黄汲清指导编制的1:400万《中国大地构造图》(1979)及简要说明《中国大地构造及其演化》(1980)中,又将阿尔金山划归为东昆仑褶皱系;将阿尔金深断裂以北划为阿尔金优地槽褶皱带,以南为柴达木北缘优地槽褶皱带。

张文佑(1959)主编的1:400万《中国及邻国边境大地构造图》及其说明书《中国大地构造纲要》首次将本区划归地台范畴,称为阿尔金山断块,认为强烈变动过的古元古界构成它的基底,未变质的震旦系不整合在其上,成为第一个盖层。阿尔金山在其后期历史中,保持为一个稳定的隆起区域,只是在一些最大的海侵时代,海水才淹没了它的个别低洼部分,堆积了不厚的断断续续的不完全的古生代沉积。北东东向的断裂系统成为后期地质发展中的决定性因素。侏罗纪之前的分异运动沿北东东断裂达到了最高峰。1974年,中国科学院地质研究所大地构造编图组(张文佑等)在《中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨》一文中,将本区划为阿尔金南祁连断块,认为它具有冒地槽性质。

陈国达等(1977)从地洼学说的观点出发编制了1:400万《中国大地构造图》及说明书《中国大地构造概要》,将本区自北而南依次划为塔里木地洼系、阿尔金地穹系和柴达木地洼系,认为阿尔金地区在寒武纪—石炭纪为地槽,在海西运动后期褶皱封闭,从二叠纪开始进入了地台阶段,三叠纪后进入地洼阶段。

张伯声的地壳波浪状镶嵌构造学派认为,“阿尔金-西昆仑波峰带”是在前寒武纪杂岩基底上发生过加里东和华力西构造旋回的褶皱造山带。

李四光(1973)划分的康藏歹字型构造的头部囊括了本区,可可西里、巴颜喀喇乃至柴达木盆地以北的阿尔金山脉连同祁连山的西北部都不是不可能被卷入这一超级旋卷构造体系(指康藏歹字型)。按照他的意见,阿尔金山属歹字型外围褶皱带的一部分。同时,阿尔金山本身可能为古老岩层构成的复式隆起带。

中国地质科学院地质力学研究所(1976)主编的1:400万《中华人民共和国大地构造体系图》对本区的划分与李四光(1973)大体相同,把阿尔金山划为青藏川滇歹字型构造体系头部的的外围褶皱带,而将阿尔金山东北段划归祁吕贺山字型。

新疆第一区域地质调查队编制的1:100万《新疆构造体系图》中,本区被划归为“阿尔金构造体系”的一部分。其后,新疆地质局(1981)在《1:20万索尔库里幅(J-46-8)区调报告》中,首次提出了“西域地台”的概念,认为塔里木、柴达木及其连接它们的阿尔金山三者具有相同或相似的古老变质基底和沉积盖层,地质发展和演化过程大体相同,只不过被深断裂分割开来而已,应属于同一个大地构造单元。

葛肖虹等(2000)基本上认同“西域地台”的概念,认为塔里木、柴达木和阿拉善地块在构造演化上具有许多共性,并提出“西域板块”的概念,阿尔金断裂起了肢解这个西域克拉通的作用,塔里木、柴达木和

阿拉善地块现今的位置应该是阿尔金断裂错移后的结果。

许志琴等(1999)认为现今的阿尔金山构造带应是祁连山构造带的西延部分,存在加里东期的俯冲、褶皱造山作用。

尹安(2001)认为阿尔金断裂系控制了青藏高原北部(尤其是昆仑山北部)的新生代构造。阿尔金断裂系在许多方面可以与北美的圣·安德烈斯断裂相媲美,东西向的阿尔金山构造带可以与甘肃肃北的南山构造带相对比。

郑健康(1995)把阿尔金造山带的构造演化概括为:新太古代至古元古代处于底侵造壳阶段,经吕梁旋回发生克拉通化,出现中元古代稳定型盖层沉积。加里东旋回中叶,经过短暂的拗拉、裂隙,分裂的塔-柴板块又重新聚合。华力西旋回以剥蚀夷平作用为主,石炭纪经历短暂海侵与海退后,该区进入内陆拗陷型沉积发育阶段。印支旋回早期处于挤压环境,晚期处于拉张环境。燕山旋回岩浆活动频繁,侏罗纪形成含煤建造。喜马拉雅旋回早期形成巨型断陷盆地,晚期阿尔金造山带迅速崛起、塔-柴板块再度分裂,南盘抬升,北盘下降。研究区至今仍然处于应力集中阶段,地震断裂带及其以南地区均属于不稳定-极不稳定区。

总之,迄今为止对阿尔金山构造带的大地构造归属仍无定论,而这正是重新认识中国西北大陆构造格架的关键所在。

第二节 区域地层

太古宇、元古宇、古生界、中生界及新生界在阿尔金山地区都有出露(图 1-3)。

一、太古宇

青藏高原北缘的太古宙地层主要出露在阿尔金山东段的北坡地区(图 1-3),其它可能出露的地区为柴达木北缘地区。《新疆地质志》(新疆地矿局,1993)把阿尔金山东段北坡的新太古界称为米兰群,该构造层由太古宇达格拉格布拉克群、米兰群等组成,为一套中、高温变质的高角闪岩相-麻粒岩相变质岩系,由麻粒岩、变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩和条带状混合岩等组成。原岩可能为含钾高的酸性火山岩、富镁质玄武岩和拉斑玄武岩,与上覆地层多为断层接触,局部可见元古宇不整合其上,构造线为东西向。

王云山等(1987)给出了三个锆石 U-Pb 年龄数据,分别为 2469Ma(湟源县响河混合花岗岩体),2205Ma(柴北缘欧龙布鲁克角闪斜长片麻岩),2462.5Ma(阿尔金山拉配泉北东 15km 处黑云斜长片麻岩),测定年龄值:(206/238) 2727.6Ma, (207/235) 2578Ma, (207/206) 2462.5Ma,它们接近太古宙。

孙勇等(1992)、车自成等(1995a)求得拉配泉北阿克塔什塔格由长英质麻粒岩、基性麻粒岩和斜长角闪岩组成的非层序性地层的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 2787 ± 151 Ma,其中基性麻粒岩和角闪岩得到的等时线年龄为 2792 ± 208 Ma,并认为这套杂岩的形成时代为新太古代,年龄为 2790 ~ 2590Ma。Gehrels 等(1999)得到其中片麻岩 U-Pb 锆石年龄约为 2800Ma。这套太古宙杂岩的形成可能与混合岩化关系密切, $\epsilon_{Nd}(t)$ 具有低的负值,介于 -3.77 ~ -3.75 之间(车自成等,1995a;车自成等,1997)。

最近,李惠民等(2001)在阿尔金山东端(拉配泉麻扎塔格一带)古老花岗片麻岩中发现 3605 ± 43 Ma 的锆石(单颗粒锆石 U-Pb 稀释法,4 颗锆石的上交点年龄),其中 2 颗锆石的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄达 3560 ± 1 Ma 和 3526 ± 2 Ma,它们仅有少量放射成因铅丢失。这是迄今为止阿尔金地区最老的年龄数据,是塔里木地块存在始太古宙基底的重要证据。

由于经历了较深强度的高级变质作用,本区实际上已不存在真正意义上的太古宙地层,而是作为变质杂岩的一部分原岩而存在其中(可以通过剔除其中的正变质岩部分而得到)。