

西天山吐拉苏盆地与火山岩 有关的金矿遥感找矿研究

王永江 王润生 姜晓玮 著

地质出版社

· 北 京 ·

前 言

一、概述

天山地跨中亚吉尔吉斯斯坦全部和哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦与塔吉克斯坦等国的部分及我国新疆的中部,全长 2500km。我国习惯上将境内的天山分为东西两部分,界线大体在乌鲁木齐—库尔勒一线,其西称西天山,其东称东天山。

西天山位于西伯利亚、哈萨克斯坦-准噶尔与塔里木三大板块之间的聚合拼接带,属世界级的巨型成矿造山带——天山成矿造山带。因此,该地区历来备受中外地学家的关注,特别是随着境外邻区穆龙套型金矿找矿工作的突破,十余个大型、特大型金矿相继被发现,星罗棋布般散布在与我国天山地区相似或相近的邻区构造带上,这使得西天山地区更成为中外地学界瞩目的焦点。

自 20 世纪初,国内外一些地质学家曾相继在本地区开展过地质调查与研究,特别是近 10 多年来,为了实现西天山地区金矿普查工作的新突破,“国家 305 科技攻关项目办”分别在“八五”、“九五”期间,设课题对本地区矿产资源普查进行攻关,并取得了一系列丰硕的成果,相继发现了阿希金矿、望峰金矿、萨瓦亚尔顿金矿等多个金矿。前人对西天山地区的研究成果充分反映了本地区地质及其地质找矿工作的新的研究水平,丰富的实际资料,为后人的研究工作奠定了良好的基础。但由于天山地区地质发展演化特有的复杂性和特殊性,以及自然条件的恶劣性和工作条件的艰苦性,本地区的矿产资源普查工作至今仍未取得突破性进展。

在这种情况下,西天山地区以阿希金矿为代表的、产于火山断陷盆地中的与火山岩有关金矿床的被发现就格外引人注目。阿希金矿探明储量已超过 40t,预计远景储量可超过 100t。涂光炽先生(1994)曾指出,大型、超大型矿床在成矿类型和成矿地域上存在“偏在性”,并有“徒子徒孙”成群分布的特性。阿希金矿自被发现至今,在其外围又相继发现了 10 余个金矿(矿化点),这使得阿希地区已成为西天山地区最大的金矿区。由于在西天山地区发育有大量的古生代火山岩地层,故阿希金矿的发现表明西天山地区具有巨大的金矿找矿潜力,同时,也可能暗示着西天山地区占主导地位的金矿类型不是其他类型,而是以阿希金矿为代表的与火山岩有关的金矿。因此,对阿希地区与火山岩有关的金矿进行详细的研究,将对今后该区的金矿勘查工作有重要帮助,对今后在西天山地区的找矿方向亦应有其指导

意义。

西天山地区地广人稀,自然条件十分恶劣,很多地方都是人迹罕见的冰峰雪岭,用常规的地质工作方法来进行矿产勘查不仅成本高,而且效率低,显然已不能满足我国改革开放和加速开发大西北的需要。因而,采取各种先进的技术和现代地质学新理论在本地区进行矿产资源的快速勘查和评价已成为当务之急。遥感技术由于具有快速、宏观、真实以及独特的光谱特征识别能力,不仅可以客观地反映地质体、地质构造等的表征信息,而且在一定程度上可以显示浅地表及深部信息。实践证明,遥感技术与现代地质新理论、新方法相结合,可以在区域地质调查和矿产资源勘查评价,特别是在金矿矿产的勘查评价中发挥重大作用,收到快速、经济、优质的效果。

国土资源部中国地质调查局于 2000 年在西天山地区开设了题为“新疆西天山地区矿产资源的遥感快速评价及基于 GIS 的靶区优选”的专题研究工作。本书主要从两个方面对阿希型金成矿系列进行了研究,首先确立吐拉苏断陷盆地与火山岩有关的 Au 矿及成矿规律;确定各种与矿化关系密切的围岩蚀变信息及构造特征。在此基础上,建立其遥感信息找矿模型,并对未知区该类型金矿的可能分布进行遥感预测。

二、研究区概况

工作区地质研究历史较长,新中国成立前以路线踏勘或地质简测为主。之后,为了寻找各种矿产资源,进行过不同程度的地质调查及科研工作。随着阿希金矿的发现,本区的地质工作得到了明显加强,特别是“八五”、“九五”期间,以寻找大型、特大型矿床为目的,开展了多项专题研究工作,取得了丰硕的成果和丰富的实际资料,具体研究历史简述如下。

1948 年以前,主要是苏联地质工作者在研究区进行了一些地质路线调查和地质简测工作。

1953~1985 年,以新疆地质矿产局为主,先后在研究区进行了 1:20 万区域地质测量和古生代地层划分工作。

1985~1989 年,新疆地质矿产局第一区域地质调查大队在研究区进行 1:20 万区测填图工作中首次在研究区古生代地层中发现了金异常,随后,应用 1:5 万区域地质调查及化探扫面方法于 1989 年发现了阿希矿体。

1987~1990 年,新疆维吾尔自治区人民政府“国家 305 项目办公室”与地质矿产部地质遥感中心合作,在博罗霍乐北山地区进行了航空遥感摄影及其地质找矿应用研究工作,完成了 1:5~1:6 万红外航空遥感摄影 11.12 万 km²,并进行了计算机图像处理和多数据拟合,地质体判别和成矿预测方法研究,对该区地质构造、地层、岩体、含矿地质体建立了解译标志,提出遥感信息找矿模式;在上述地区圈定出 13 个找矿远景区段和 20 多个预选找矿靶区,其中 4 个经初步野外验证与实地吻合。

1989~1992 年,新疆地质矿产局第一地质大队六分队对阿希金矿床进行了地质勘探工作,探明 C+D 级储量超过 40t,为一大型金矿床。并提交了阿希金矿床北段勘探地质报告。

1992~1995年,涂光炽、何国琦及毋瑞身等对新疆北部及阿希金矿床类型进行了系统地质及矿床理论总结。出版了《新疆北部固体地球科学新进展》、《新疆大型—超大型矿床成矿条件与大型靶区评价研究》等成果专著。

1995年,新疆维吾尔自治区人民政府“国家305项目办公室”与地质矿产部地质遥感中心合作,完成新疆哈巴河县多拉那萨依—阿舍勒地区1:2万航空彩红外摄影面积2200km²,多拉那萨依—阿舍勒和伊宁县阿希两地区1:2万航空多光谱扫描面积1036km²,并应用航空航天遥感资料,结合地质、物探、化探资料对上述地区进行遥感地质研究,总结成矿条件,建立找矿模式,预测出一级找矿有利地段4处,二级找矿有利地段5处,从中优选出找矿靶区7处,对找矿靶区进行了实地验证,经地质、槽探和化探检查,发现有蚀变带、矿化带及Au、Cu等元素高值含量存在,证明具有找矿前景和潜力。

1996~2000年,新疆地矿局科研所、原成都地质学院、新疆地矿局中心实验室等及沈远超、何国琦、毋瑞身、李华芹、肖序常、张良臣、王作勋、漆树基、翟伟、沙德铭、郭建军、刘洪林、董连慧等对阿希金矿及其外围金矿,从不同的方面均做过很有价值的研究工作。

上述丰富的地质、遥感工作成果,为这一地区的基础地质研究及找矿工作提供了非常重要的资料,尤其1987~1990年及1995年两次大规模遥感调查,从遥感角度为该区的下一步找矿指出了明确的靶区。两次遥感调查均使用的是航空彩红外遥感摄影资料,但由于工作区面积大,所使用航片手工镶嵌,定位、纠正都非常困难,更难进行计算机数字图像处理。1995年遥感调查工作中使用了机载多光谱扫描数据,但由于飞行面积小,且受当时计算机处理能力的限制,没有很好地发挥这两种遥感资料的更大作用。为此,作者首次应用航空航天遥感资料通过计算机全面的图像处理,提取各种与研究区金矿化关系密切的各种信息,通过综合分析,为西天山阿希式金矿的成矿特征及找矿预测提供重要资料。

三、遥感找矿方法研究进展与现状

应用TM多光谱数据进行遥感找矿是一项既成熟又较难且有创新的遥感重要应用领域之一,早在十几年前,美国、加拿大、前苏联等国的遥感地学工作者就已利用典型矿床及矿区与遥感图像及其光谱特征的对应关系,应用地质遥感理论,研究遥感找矿的理论与方法,开发提出了各种图像处理手段,分析有关矿床或矿区的围岩蚀变类型、矿体空间位置、某些植被与地下赋存矿床的关系,发现不同矿化类型形成的不同围岩热(液)蚀变晕类型,在遥感图像上经过有针对性处理能够很好地反映出来。国内外推广应用这些方法取得了很大成功。近20年来遥感技术飞速发展,但遥感理论研究进展缓慢。尽管高光谱遥感正在迅速崛起,使用具有20年应用研究历史TM数据进行找矿研究,越来越受到冲击,但是,在我国由于目前的发展水平及数据获取的角度所限,不可能普遍应用谱段划分精细、甚至能够识别典型矿物集合的高光谱数据进行遥感找矿研究与应用。因此,TM数据在我国应用于遥感找矿研究,从其资料价值角度来看,目前还具有其强大的生命力。总结国内外与火山岩有关的金矿床的成矿理论及应用多光谱遥感找矿方法进展,主要有以下方法:蚀变岩遥感信息增强

提取方法;成像光谱及热红外地质制图;褐铁矿化蚀变信息提取研究;植被覆盖区岩石蚀变提取研究;热(液)蚀变信息提取;波段比值主组分复合在热(液)蚀变信息提取中研究;金矿地质特征及遥感分析;铁帽地质特征及找矿评价;金矿蚀变信息提取实验;多重主组分提取蚀变信息;基于光谱特性的岩性信息提取和分类方法研究;多源遥感图像融合应用于地质制图及找矿效果;TM 图像应用于干旱地区地质制图及找矿效果;TM 图像对植被覆盖的火山岩地区热(液)蚀变矿物的增强技术方法;改进的直接主组分分析对于热(液)蚀变信息的提取研究;线性体密度异常信息检测;环形构造的意义及遥感信息提取;环、线组合及其与金矿化关系分析。

四、取得的新认识和成果

上述方法对于某些地区的金矿勘探与开发起到了重要作用,但目前还没有一种从遥感角度针对与火山岩有关的金矿床的自身特点提出的找矿理论与方法。通过分析研究区前人资料成果及对研究区实地考察发现,吐拉苏断陷盆地与火山岩有关的金矿化关系最为密切的是硅化,其次是黄铁矿化、褐铁矿化、黄铁绢英岩化,具体表现为:

矿区围岩蚀变按其成因可分为两种类型,一类为面型的绿泥石化、黄铁矿化和碳酸岩化,是火山活动期由于火山气液而产生的自变质作用;另一类主要为线型的硅化、黄铁绢英岩化、粘土化和碳酸岩化,局部有冰长石化,是火山期后与成矿热液有关的近矿围岩蚀变。围岩蚀变中以硅化与金矿化关系最为密切,其他的蚀变类型虽然也可以形成金的富集,但只有叠加了硅化所形成的石英(网)脉后才会产生金的矿化。晚期的碳酸岩化代表了矿化的终结,与金矿化的关系不大。个别的石英-碳酸岩化伴有金及贱金属的矿化。蚀变在矿体两侧有明显的分带规律,以矿体为中心向两侧依次为硅化带、黄铁绢英岩化带、粘土化带和绿泥石化带。

针对上述情况,应用遥感理论,研究有关硅化(石英脉及含金石英脉)的矿物光谱信息,并注意到实际情况。往往是含金石英脉不但以其光谱特征在影像上表现其存在信息,某些情况下,它的纹理特征更能表现其存在的性质及状态。石英脉普遍具有的抗风化能力较强,以蠕虫状、斑点状成群或带状分布为特征,且多表现为正地貌。当其中硫化物矿物含量较高时,抗风化能力减弱,常形成有铁帽相伴的斑点状石英脉,但这种石英脉在地表出露的规模小且经常沾染上铁红色调。基于此种情况,作者从石英脉及含金石英脉光谱特征及其在影像上纹理特征两方面考虑,提出应用主组分第一分量与 Munsell 变换相组合的图像处理方法来提取含金石英脉,并获得了满意的效果。另外,含金石英脉一般与金属硫化物黄铁矿、黄铜矿及方铅矿等共生,这些金属硫化物矿物在地表多被氧化成为褐铁矿等组成的铁帽与含金石英脉相伴。根据这个特点,利用比值-特征主组分变换等方法提取铁氧化物等蚀变矿物信息,与上述方法获得的含金石英脉信息进行位置叠加组合处理,进一步确定与褐铁矿化等有关的含金石英脉异常信息,为找矿预测提供重要依据。

另外,充分利用研究区阿希金矿典型的古火山机构、典型的含金石英脉围岩矿化蚀变类

型与特征,应用遥感理论有针对性地进行遥感图像围岩蚀变信息处理研究,首次有效提取了与古火山机构关系密切的阿希金矿热(液)蚀变晕圈信息,详细分析了这个热(液)蚀变晕圈与阿希金矿床的关系,对指导在研究区及其他有关地区的遥感找金矿工作具有重要意义。

本书得到国土资源部中国地质调查局于 2000 年在西天山地区实施的《新疆西天山地区矿产资源的遥感快速评价及基于 GIS 的靶区优选》课题的大力支持,尤其是李志忠主任、杨金中博士提供了大量帮助。在此表示衷心的感谢。

最后真诚欢迎有关专家、同事对本书进行批评指正。

王永江

2003 年 12 月

目 录

前 言

第一章 研究区区域成矿背景及演化史	(1)
第一节 区域大地构造背景.....	(1)
第二节 区域大地构造演化.....	(2)
一、古克拉通阶段.....	(3)
二、洋陆分异碰撞造山阶段.....	(4)
三、稳定大陆板内演化阶段.....	(5)
第三节 大地构造演化的规律性.....	(6)
第四节 西天山地区与火山岩有关的金矿的区域成矿规律.....	(8)
第二章 研究区金矿床类型及特征	(9)
第一节 吐拉苏盆地区域地质构造特征.....	(9)
一、盆地地层.....	(10)
二、盆地构造特征.....	(10)
三、大哈拉军山组火山岩及其形成环境.....	(11)
第二节 吐拉苏盆地中金矿的类型.....	(13)
一、低硫浅成热液型金矿.....	(13)
二、斑岩型金矿.....	(14)
三、层控浅成热液改造型金矿.....	(14)
第三节 各金矿类型的成矿特征.....	(15)
一、低硫浅成热液型金矿的成矿特征.....	(15)
二、斑岩型金矿的成矿特征.....	(19)
三、层控浅成热液改造型金矿的成矿特征.....	(19)
四、不同类型金矿的成矿时间.....	(20)
第三章 阿希型金成矿系列的确立及其成因	(22)
第一节 各类型金矿统一的大地构造背景——板内断裂造山带.....	(22)
第二节 各类型金矿统一的矿源层.....	(24)
一、金及相关元素的富集规律.....	(24)

二、统一矿源层的确定	(24)
第三节 成矿前统一的流体场与成矿期局部流体场	(26)
一、成矿前统一的流体场	(27)
二、成矿期的局部流体场	(29)
第四节 各类型金矿成因探讨	(32)
一、低硫浅成热液型金矿的成因	(32)
二、斑岩型金矿的成因	(32)
三、层控浅成热液改造型金矿的成因	(33)
四、阿希地区金成矿的成因模型	(33)
第五节 阿希型金成矿系列的确立及其特征	(34)
一、阿希型金成矿系列的确立	(34)
二、阿希地区金成矿的共同特征	(35)
第六节 阿希型金成矿系列确立的意义	(37)
一、与火山岩有关的金矿的全球背景	(37)
二、我国的与火山岩有关的金矿背景	(40)
三、阿希型金成矿系列确立的意义	(41)
第四章 遥感找矿综述	(45)
第一节 岩石遥感光谱特性	(45)
一、电子跃迁	(45)
二、原子团振动	(46)
第二节 影响岩石光谱特征的主要因素	(47)
第三节 遥感找矿信息提取常用图像处理方法	(48)
一、主组分分析法	(48)
二、比值分析	(49)
三、去相关拉伸法	(50)
四、卷积增强算法	(50)
五、图像融合处理技术	(50)
第五章 研究区矿化蚀变信息遥感提取方法研究	(53)
第一节 研究区遥感数据源的选取及预处理	(53)
一、数据源的选取	(53)
二、数据预处理	(54)
第二节 研究区遥感图像处理核心问题及研究思路	(55)
第三节 研究区含矿围岩蚀变特征	(57)
一、围岩蚀变特征	(57)
二、围岩蚀变类型	(58)

三、矿石类型·····	(58)
第四节 硅化含金石英脉信息遥感提取研究 ·····	(58)
一、围岩蚀变特征石英脉波谱曲线 ·····	(58)
二、传统 Munsell 变换提取含金石英脉 ·····	(59)
三、Munsell-PC1 组合提取含金石英脉法 ·····	(60)
第五节 围岩蚀变遥感信息提取 ·····	(61)
一、绿泥石类蚀变矿物的波谱特征 ·····	(61)
二、绿泥石类蚀变岩遥感信息提取 ·····	(61)
三、铁氧化物及铁帽遥感信息提取 ·····	(63)
四、热(液)蚀变晕圈遥感信息提取研究 ·····	(66)
第六节 研究区线性体信息提取研究 ·····	(68)
一、线性体算法的确定 ·····	(68)
二、不同数据源线性信息体提取效果分析 ·····	(69)
第七节 不同数据源数据融合(ISH)与信息对比 ·····	(69)
第八节 蚀变安山岩及凝灰岩类遥感信息提取 ·····	(70)
一、蚀变安山岩遥感信息提取 ·····	(70)
二、火山凝灰岩类遥感信息提取 ·····	(70)
第六章 研究区遥感地质构造信息解译 ·····	(72)
第一节 矿源层遥感解译研究 ·····	(72)
第二节 断裂构造遥感解译研究 ·····	(72)
一、NWW 向断裂特征 ·····	(74)
二、近 SN 向断裂特征 ·····	(74)
三、NNE 向断裂 ·····	(75)
四、其他方向断裂 ·····	(75)
第三节 环形构造遥感解译 ·····	(75)
一、环形构造特点与形成机制 ·····	(75)
二、岩浆热环遥感信息标志 ·····	(76)
三、火山活动形成的热环形构造 ·····	(77)
四、研究区环形构造、线性构造与火山活动金成矿的关系 ·····	(77)
第四节 研究区菱形构造遥感解译分析 ·····	(79)
第五节 航片及卫星影像上识别个体岩层及其倾向与断裂产状的研究 ·····	(79)
第六节 研究区地质构造遥感综合解译分析 ·····	(81)
第七章 遥感信息找矿模型的概念及其研究内容 ·····	(82)
第一节 遥感信息找矿模型的概念 ·····	(82)
一、关于模型 ·····	(82)

二、遥感信息找矿模型的概念	(83)
第二节 遥感信息找矿模型与地质找矿模型的关系	(84)
一、矿床的描述性模型、成因模型与找矿模型的关系	(84)
二、遥感信息找矿模型与地质找矿模型的关系	(86)
第三节 遥感信息找矿模型研究的现状	(86)
第四节 阿希型金成矿系列遥感信息找矿模型研究的内容	(88)
一、成矿的遥感信息找矿标志	(89)
二、矿床的改造与保存的遥感信息找矿标志	(90)
三、技术依赖性的遥感信息找矿标志——热源标志	(91)
第八章 找矿模型的建立及找矿预测	(93)
第一节 找矿模型的建立	(93)
一、地质找矿模型的建立	(93)
二、遥感找矿模型的建立	(94)
第二节 遥感找矿预测	(95)
一、找矿预测靶区级别的确定	(95)
二、找矿靶区预测及说明	(97)
三、吐拉苏断陷盆地基底性质及邻区反天山构造等航磁解译分析	(97)
结 语	(100)
Abstract	(102)
参考文献	(103)
图 版	

第一章 研究区区域成矿背景及演化史

大地构造环境是对成矿作用具有全局性的控制因素。一定的大地构造环境产生一定的岩石建造和成矿系列,这已是广泛认同的事实(翟裕生等,1996)。另一方面,大地构造演化的不同阶段,必将伴随不同的大地构造环境,从而导致不同的成矿作用;特别是多旋回的地区,后期的大地构造演化不仅会产生新的矿产,而且,还会对先期形成的矿产进行改造或破坏。因此,古构造格局的重建及成矿系列所处的大地构造环境的研究,对于认识区域成矿规律,规划普查找矿与区域成矿预测有重要的意义。

第一节 区域大地构造背景

研究区位于新疆伊宁市北,西天山西段的科古琴山与阿吾拉勒山之间的吐拉苏盆地中(图1-1)。整个西天山地区以北西西向的山脉和夹持于其中的盆地相间排列为特征,工作区总体地势北高南低,自然条件十分恶劣,是发挥遥感优势,开展遥感找矿的良好场所。

西天山地区,在地质历史上,特别是在古生代时期,曾是构造岩浆活动极为活跃的地区。其北为西伯利亚板块,其南为塔里木板块,其西为哈萨克斯坦板块。在漫长的地质历史时期,其本身则以夹持于上述三大板块之间的微板块或地块(包括伊犁、吐哈、准噶尔、塞里木、塔城和阿尔泰等)和洋盆(现为造山带)镶嵌为特征(李锦轶等,1992;肖序常等,1992;何国琦,1995)。其中伊犁、吐哈、准噶尔、塞里木、塔城地块属于哈萨克斯坦板块,故有的学者在强调准噶尔板块的地位时,称其为哈萨克斯坦-准噶尔板块^①。阿尔泰地块属于西伯利亚板块。哈萨克斯坦板块北以达拉布特-卡拉麦里缝合线与西伯利亚板块相邻,南以南天山缝合线(中天山南缘或那拉提-红柳河板块缝合线)为界与塔里木板块相接。

中国境内的西天山自北向南又可分为伊犁盆地北缘的北天山;包括伊犁盆地在内的中天山和盆地南缘的南天山。中天山包括博罗科努早古生代岛弧带、伊犁地块、塞里木地块,因此,有的学者将伊犁地块称为伊犁-中天山板(地)块(肖序常等,1992)^②。西天山位于塔里木板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块之间,又被内部的伊犁-中天山板块分成南北两支,总体上

● 李茂松等,1995. 西天山的大地构造位置和板块构造布局. 何国琦主编,新疆大型—超大型矿床成矿条件与大型靶区评价研究. 新疆305项目研究报告.

● 王广瑞等,1995. 新疆北部及其邻区大地构造格架. 何国琦主编,新疆大型—超大型矿各成矿条件与大型靶区评价研究. 新疆305项目研究报告.

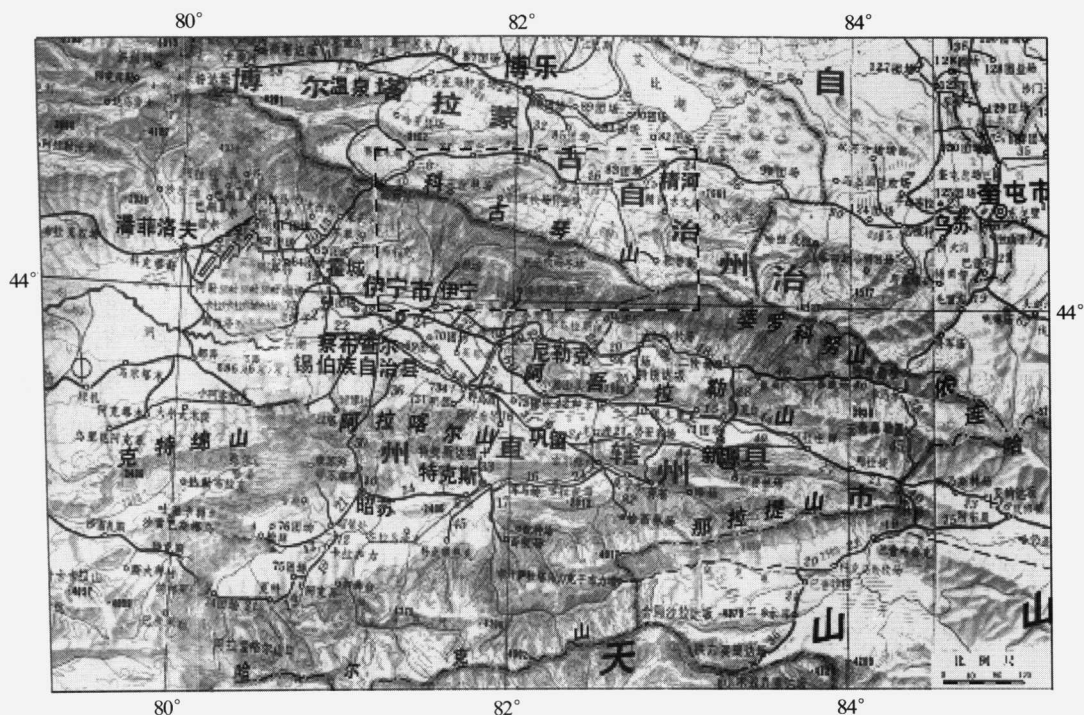


图 1-1 研究区地理位置图

呈弧形帚状向东收敛展布,平面上呈一锐角向东的三角形。西天山地区是哈萨克斯坦—准噶尔、伊犁-中天山和塔里木三大板块汇聚碰撞在一起的地区,正是这些板块、微板块和已经消失了的古洋板块之间的相互作用,决定了该区大地构造演化的基本特征,制约了现今大地构造格局和矿产的分布。整个西天山地区的大地构造单元,按何国琦先生的意见,可划分为 11 个构造单元(图 1-2)。

西天山地区发育两条最重要也是最醒目的断裂构造带——中天山北缘大断裂和中天山南缘大断裂。前者是准噶尔板块与伊犁-中天山板块之间的缝合线,后者是伊犁-中天山板块与塔里木板块之间的缝合线。这两条大断裂向东延伸至库米什以东汇合后再向东则为准噶尔板块与塔里木板块之间的缝合线。

第二节 区域大地构造演化

西天山地区地处三大板块之间,其大地构造演化和大地构造格局的形成均是在这三大板块汇聚碰撞的基础上发生和发展的。综合前人的研究成果,其大地构造演化历史大致可划分为 3 个阶段:晚寒武纪前的古克拉通阶段;古生代的洋陆分异碰撞造山阶段;中生代以后的稳定大陆板内演化阶段。

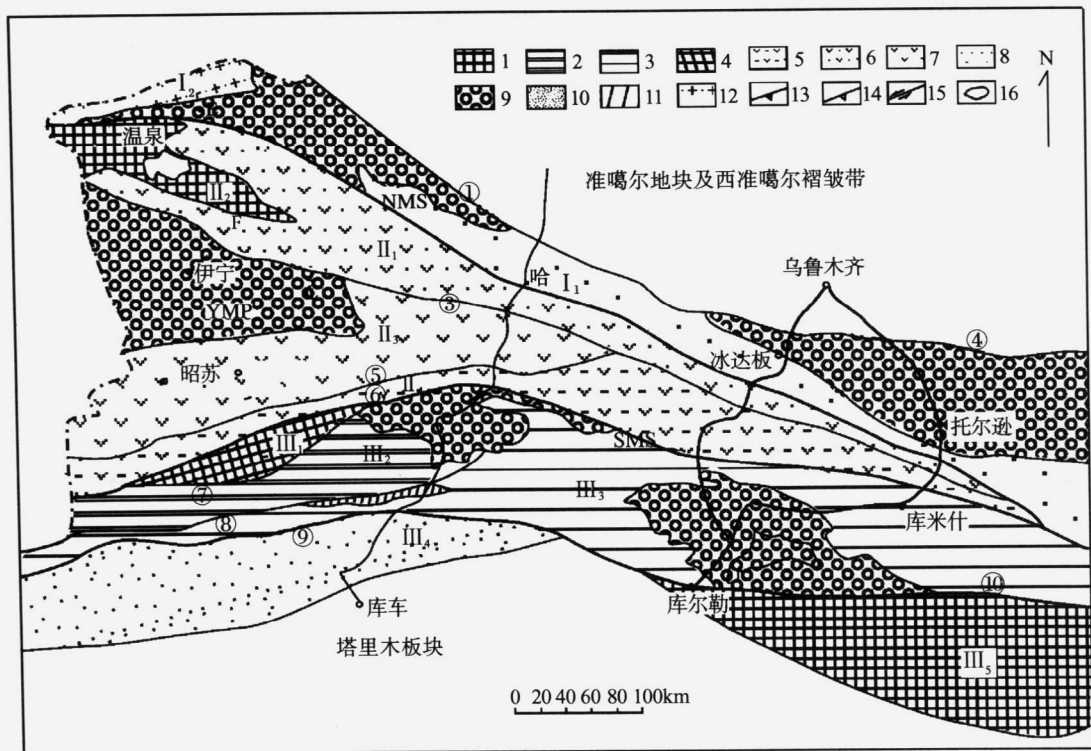


图 1-2 西天山地区大地构造单元图

(据何国琦, 1995)

I₁—北天山洋壳-岩漿型被动陆缘复合推覆体; I₂—阿拉套活动陆缘推覆体; YMP(II)—伊犁-中天山板块; II₁—中天山北缘被动陆缘-活动陆缘复合型逆冲带; II₂—塞里木陆缘早古生代增生楔; III₁—III₂—南天山早古生代复理石推覆体; III₃—南天山晚古生代洋壳—复理石复合推覆体; III₄—南天山山前前陆冲褶皱带; III₅—南天山库鲁克塔格再生前陆冲褶皱带。NMS—中天山北缘缝合带; SMS—中天山南缘缝合带。1—前寒武纪基底变质岩; 2—早古生代地层; 3—晚古生代地层; 4—增生杂岩; 5—叠加在前寒武纪基底之上的岛弧火山岩; 6—叠加在被动陆缘之上的岛弧火山岩; 7—裂谷型火山岩; 8—复理石及少量蛇绿混杂岩; 9—第四系; 10—前陆盆地中生代地层; 11—构造窗内的前寒武纪地层; 12—复理石及后期花岗岩; 13—古生代韧性逆冲断层; 14—中生代逆冲断层; 15—中生代走滑断层; 16—构造窗。①艾比湖-吐哈南缘断裂; ②博尔塔拉-中天山北缘断裂; ③喀什河断裂; ④那拉提山北坡断裂; ⑤中天山南缘断裂; ⑥吐拉苏达坂-科克苏河上游断裂; ⑦科克铁克达坂-阿克齐河南断裂; ⑧塔里木地台北缘断裂; ⑨库车前陆盆地南缘断裂; ⑩兴地断裂

一、古克拉通阶段

天山地区古太古代的地层仅见于塔里木盆地北缘的库鲁克塔格地区, 由斜长角闪岩和灰色片麻岩组成, 前者的 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 3236Ma; 后者的模式年龄为 2994~3075Ma(胡霁琴, 1990)。新太古代地层分布略有扩大, 见于库鲁克塔格地区和阿尔金山北麓, 为一套深变质的变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩、混合岩组成, 混合岩的 Sm-Nd 全岩等时线

年龄为 2453Ma(胡霭琴, 1990)。它们反映了地壳从塑性向刚性转化的过程, 代表了陆核的形成阶段。

现有的地质资料表明, 元古宙时, 通过古陆核之间的弧盆演化, 产生围绕古陆核的增生以及陆核之间的拼接, 形成了各板块的原始古陆。古元古代末, 以中天山南缘大断裂为界, 其北部的中天山、北天山、准噶尔、阿尔泰等地区褶皱固结, 相当于中条运动。塔里木古陆在古元古代相对是稳定的, 在库鲁克塔格地区发育了一套陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造, 代表过渡型浅海相沉积。中新元古代塔里木古陆相对活跃, 除了广泛接受了滨浅海相的复理石-类复理石和碳酸岩盐建造以外, 在其南北两侧出现了大陆边缘裂谷及与其相对应的沉积建造。

关于古南天山洋是否在新元古代末沿中天山南缘闭合, 从而使塔里木古陆与其北部的各陆块相拼合, 现在仍有争论。争论的焦点是关于阿克苏群的时代归属问题。阿克苏群下部为一套蓝片岩、绿片岩、含铁石英岩等, 原岩为基性熔岩; 上部为一套类复理石建造。陈哲夫等(1991)认为阿克苏群下部的蓝片岩、绿片岩、含铁石英岩的原岩为基性熔岩, 可能代表了初始洋壳。一些学者根据蓝片岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 1720~1907 Ma(熊纪斌、王务严, 1996; 陈哲夫等, 1991; 张良臣等, 1991), 认为其属于古元古代; 另一些学者根据多硅白云母(K-Sr)年龄为 720Ma, 认为其属于新元古代(肖序常等, 1990)。陈哲夫等认为阿克苏群有两期变形变质作用, 两个全岩测试数据是两次变形变质的综合反映(陈哲夫等, 1991), 因此, 阿克苏群代表了塔里木古陆北缘在古元古代—中元古代的一次拉张运动, 并形成了一个古洋盆。其中的高温高压变质带的存在及其 720 Ma 年的变质年龄, 代表了这一洋盆的闭合时间(沈远超等, 1996)。至此, 在新疆北部已形成了一个统一的大陆板块, 现今镶嵌于古生代造山带之中的伊犁、吐哈、准噶尔、塔城和阿尔泰等微板块都是该板块的组成部分。

肖序常等(1990)认为新元古代时, 塔里木古陆并未与西天山及其北部的准噶尔、阿尔泰等地块拼接在一起。此时, 西天山地区各微板块组成的统一古陆其南侧以古南天山洋和古塔里木板块相隔, 发育岛弧型火山沉积岩系; 其北侧则以萨彦蒙古洋与古西伯利亚板块分开, 属被动大陆边缘, 堆积了阿尔泰山区的震旦纪-寒武纪的陆源碎屑沉积岩系(李锦轶等, 1992)。

由于对新元古代—早古生代时期新疆联合古陆的范围认识不同, 对于这一古大陆的称呼亦不同, 何国琦等称其为泛准噶尔地块(1996); 冯益民称为泛塔里木地块(冯益民, 1989); 陈哲夫等称为大新疆克拉通(1991); 张良臣等称为塔里木古陆(1991); 肖序常等(1990)称为古新疆克拉通; 李锦轶等(1992)称为中亚古板块。

震旦纪—中寒武纪, 古新疆克拉通虽然局部存在裂解作用, 但总体上处于相对稳定的状态, 因而建造大部分也是以稳定型盖层沉积为主。

二、洋陆分异碰撞造山阶段

西天山显生宙以来的大地构造演化是在震旦纪时期形成的古新疆克拉通的基础上经过不同时期分裂、聚合、俯冲、碰撞及褶皱成山的过程, 进而导致该区大地构造格局以微板块和

不同时期褶皱带镶嵌为主要特征。

早古生代古新疆克拉通的裂解,首先发生在北部的西准噶尔地区及北天山西北缘。随着萨彦蒙古洋自中寒武世起自西向东依次闭合,阿尔泰地块拼接到西伯利亚板块上去,从而成为西伯利亚板块的一部分。与此同时或稍晚,新疆古克拉通开始裂解。首先,晚寒武世—中志留世,在阿尔泰与准噶尔之间出现拉张,形成斋桑(准噶尔)洋盆,唐巴勒蛇绿岩带的形成是这一时期准噶尔地区新生洋盆存在的标志。此时的另一个扩张中心发生在中天山北缘,在准噶尔与伊犁-中天山之间拉张形成北天山洋盆;中天山解体。早古生代晚期,该洋盆闭合;中天山、伊犁等及哈萨克斯坦境内的一些微板块也随其间的洋盆的闭合连成一体,形成文献中所说的哈萨克斯坦板块(李春昱等,1992)。

从志留纪起,南天山地区开始裂解,出现拉张形成南天山洋盆(图 1-3),其范围西起哈尔克山东至库米什以东。这一古南天山洋盆延续时间虽然不长,但有其特殊意义,它分隔了塔里木板块和哈萨克斯坦板块(包括中天山及其以北的准噶尔地块)。这一洋盆的聚合消减在时空和强度上有所差异,西段俯冲消减稍早,为志留纪晚期,而东段为早泥盆世至中泥盆世,俯冲方向由南向北。此时,中天山南缘大断裂以北的有限拉张洋盆也已经褶皱隆起,至此,已分裂的古新疆克拉通再次聚合。东西准噶尔早古生代的蛇绿岩和宽广的火山岛弧带、博罗克努早古生代岛弧带、祁漫塔格岛弧带等均是这一时期消减活动的产物。

晚古生代是新疆北部构造运动剧烈、地壳再次拉张—聚合交替出现和岩浆活动频繁的时期。早—中泥盆世,阿尔泰、准噶尔地区再次裂解,形成拉张洋盆,洋壳双向俯冲,阿尔泰南缘出现岛弧和弧后拉张盆地,最后,导致阿尔泰陆缘褶皱带向南增生,并与准噶尔北缘陆缘增生褶皱带拼合,洋盆转化为陆间的残余海盆。伊犁地块则于晚志留世—早泥盆世,沿哈尔克山南坡通过消减向南增生,最后与塔里木板块碰撞拼合。中泥盆世晚期,随着古南天山洋的聚合消减,古南天山洋演化成为残留海盆,并出现了中酸性火山岩及陆源复理石组合。

石炭纪时,西天山地区再次产生张裂,形成了喀拉通克、博格达、黄山和北山等裂陷槽以及伊宁裂谷。虽然裂解规模不大,但随着洋盆聚合拼接或转化为残留海盆,引起中天山及其北侧的广泛的中酸性岩浆侵入,形成了宏伟的中、晚海西期花岗岩带。强烈的构造岩浆活动及伴生的沉积作用,不仅对已有的构造格局进行了改造,而且形成了西天山地区的一次重要的金属成矿期。其中,早石炭世由于拉张作用,在早古生代基底上所形成的上叠式火山断陷盆地对金矿的形成有着特别重要的意义,研究区吐拉苏盆地就是这一时期拉张作用的产物。

准噶尔残留海盆的封闭使其两侧的哈萨克斯坦板块和西伯利亚板块焊接。晚石炭世—早二叠世早期,北天山和南天山残留海盆也几乎同时封闭。至此,晚古生代残留海盆分隔的陆块全部焊接、弥合,从此以后新疆北部进入大陆地壳及陆内山链发展的新阶段。

三、稳定大陆板内演化阶段

中生代西天山地区现代构造格局已基本定型,除个别地方外,西天山地区自二叠纪起进入板内演化阶段,构造活动以各陆块之间的调整为主。由于受北侧西伯利亚板块向南推移

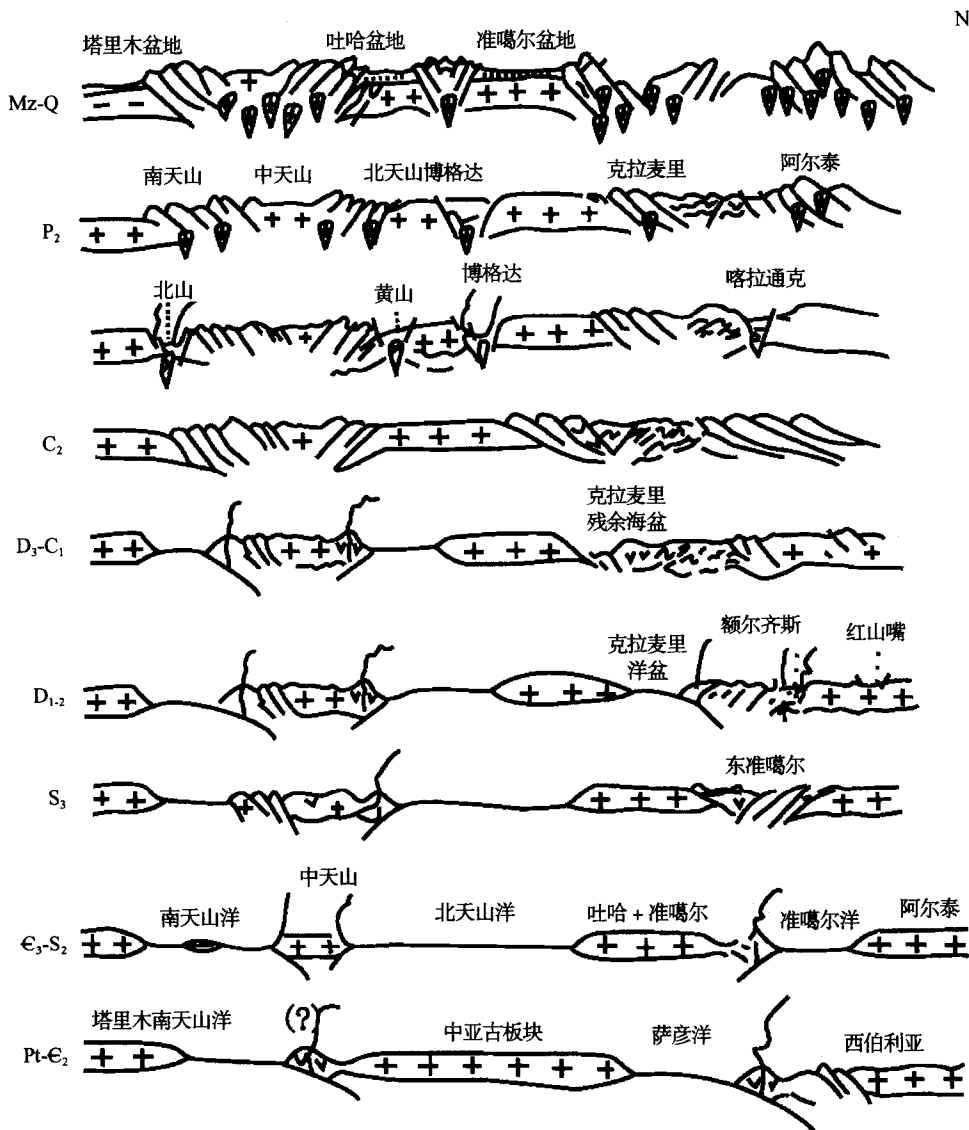


图 1-3 西天山及北疆地区大地构造演化示意图

(据李锦轶, 1992)

和南侧特提斯演化的影响,在西天山地区形成了一系列 NWW 和 NE 向的大型推覆构造,地壳的均衡调整活动使原来的地块下降成为盆地基底;造山带隆起成山,构成山脉与盆地相间的地貌特征。

第三节 大地构造演化的规律性

对大陆地壳演化规律的研究,历来是地质学研究的一个重要命题。随着新疆大规模区

域地质调查工作的开展,直接论述新疆大地构造演化的论文逐渐增多。自 20 世纪 60 年代以来至今,应用于新疆大地构造演化研究的大地构造理论先后经历了槽台说、地质力学说和板块构造学说的历史。前人对此作了大量的工作,留给了我们丰富的地质资料。综合分析前人的资料来研究西天山地区的大地构造演化历史,可总结出以下几点规律(图 1-3):

1. 统一的陆壳基础

在漫长的地质进程中,古老的地核或微板块通过向四周增生拼合,可以形成大规模的古大陆;另一方面,已形成的古大陆通过裂解作用,可以形成一系列微型板块以及分隔它们的洋盆,构成洋盆与微板块相互镶嵌的构造格局。西天山地区显生宙以来的各地块演化的历史,就是在前震旦纪所形成的古新疆克拉通基础上,经过数次的“开”与“合”,具有复杂演化过程的历史。各地块有着相似的演化过程和统一的陆壳基础。

2. 小洋盆、微古陆、多岛弧特点

越来越多的地质工作者逐渐认识到,古新疆克拉通的解体所形成的拉张洋盆不能和现代大洋相比,其规模要小的多,可能只相当于红海、日本海、地中海这样的规模。如肖序常等(1990)对新疆的蛇绿岩进行了较深入的研究,认为新疆各蛇绿岩带的共同特点是一般都缺少代表岩浆房发育的堆晶基岩、超基性岩,也缺乏具有清晰冷凝边的岩墙群或岩席,厚度也不大,一般不超过 3000~4000m,蛇绿岩上部的基性熔岩中常夹有中酸性的角斑岩、石英角斑岩等。由此得出结论:新疆北部只出现过有限拉张和有限洋盆,未出现过“广阔深邃的浩瀚大洋”,由有限洋盆所围限的古板块也以规模小和在四周普遍发育岛弧带为特征。因此,新疆古板块和洋盆的演化格局具有“小洋盆、微古陆、多岛弧”的特点(杨巍然,内部交流)。

3. 地壳开、合的有序性

北部的洋盆开始聚合碰撞时,在其南部的相应部位便产生拉张,形成新的扩张中心,表现出地壳开合时空上明显的有序性。例如,寒武—志留纪,北部的萨彦-蒙古洋碰撞由拉张转为闭合,其南部的准噶尔地区和中天山北缘相继拉张开裂,形成斋桑洋盆和北天山洋。晚奥陶世—早泥盆世,随着斋桑洋盆和北天山洋的相继闭合,南天山陆壳拉张开裂,形成南天山洋。泥盆纪—早石炭世,随着南天山洋的闭合,准噶尔地区再次拉张开裂,又重复了下一轮的由北向南推进的开合历程。早石炭世—中石炭世,准噶尔晚古生代新生洋盆闭合,西天山地区拉张,形成一系列裂陷槽或断陷盆地,如伊宁裂谷,张裂规模随时间具有逐渐减小的规律。

4. 地壳开、合的方向性

新疆地壳结构最显著的特征就是刚性的菱形或三角形地块夹持在 NWW、NEE 和 EW 向的 3 组强大的线性褶皱带即造山带之间,组成一幅有规律的菱形网格状条块镶嵌的构造格局。虽然后期的构造运动可能使造山带的方向发生了偏转,但这 3 组线性构造的方向基本上代表了古板块开合的展布方向。

5. 造山带的对称性

由于古地壳开合的有序性,不同时期的陆缘活动带、岛弧带常常平行于开合的展布方向,在地块的两侧呈对称性分布。如以伊犁地块为核心,其南北两侧发育有对称分布的早古