

西天山地区晚古生代 浅成低温热液金矿床

董连慧 沙德铭 著

地质出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书运用浅成低温热液系统金矿成矿理论,以西天山吐拉苏早石炭世火山岩带中产出的阿希(冰长石-绢云母型)、伊尔曼得(硅化岩型)等金矿为研究对象,总结了西天山地区晚古生代拉张(裂谷)构造背景下浅成低温热液系统金矿床成矿背景、成矿条件、成矿特征,建立了西天山地区晚古生代浅成低温热液系统金矿床成矿模式、找矿模型,对指导区域找矿具有重要意义。

本书学术观点新颖,资料翔实,结构严谨,具有较高的学术价值,是西天山地区金矿床研究的代表性著作,对地质勘查、教学和科研人员均具有重要参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

西天山地区晚古生代浅成低温热液金矿床/董连慧,
沙德铭著. —北京:地质出版社, 2005. 10

ISBN 7-116-04610-0

. 西... . 董... 沙... . 古生代-金矿床
-成矿规律-研究-新疆 . P618. 51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 106765 号

XITIANSHAN DIQU WANGUSHENGDAI QIANCHENG
DIWEN REYE JINKUANGCHUANG

责任编辑:蔡卫东

责任校对:李 玫

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) 82324571 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本: 787 mm× 1092 mm¹/₁₆

印 张: 10.375 图版: 4 页

字 数: 250 千字

印 数: 1—600 册

版 次: 2005 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 40.00 元

ISBN 7-116-04610-0/P·2611

(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

浅成低温热液矿床的概念，最初由著名矿床学家林格伦（W. Lindgren）在20世纪20年代提出。经过多年的矿床研究和勘查工作，在全球范围内发现了一大批与陆相火山作用有关的浅成低温热液型矿床，表明该矿床类型具有很高的经济价值。2005年8月在北京举行的第八届国际矿床地质大会上，对浅成低温热液型矿床给予高度重视，在成矿规律短训班上作了专门的讲述和系统研讨。

浅成低温热液型金矿床是一种重要的金矿床类型。它可以形成规模很大、品位很高的矿床，如美国的Cripple Creek金矿，黄金储量630 t，矿石品位达15~30 g/t；日本的菱刈金矿黄金储量220 t，其Honko矿段金品位为70 g/t，银品位49 g/t。该类矿床主要产于钙碱性-碱性火山岛弧环境，矿体产于火山岩建造或其基底岩石中。矿床的成矿流体有3种基本类型，即岩浆水、大气水和岩浆-大气水。根据矿石中硫化物特征，可分为低硫化物型和高硫化物型，各有不同的矿物组合和构造结构特征。近年来对其矿床成因已有较深入的理解，也建立了有效的勘查模型。

从全球角度来看，浅成低温金矿集中分布在环太平洋带的内带新生代岛弧区（加拿大的夏特洛、美国的麦克劳克林等、智利的埃尔印第奥、日本菱刈、中国台湾的金瓜石、菲律宾的碧瑶、巴布亚新几内亚的利希尔等）和外带的陆缘中生代断陷盆地（俄罗斯远东巴列依和达拉松、中国的团结沟、紫金山等）。该类矿床的这种区域性分布、成矿时代和成矿环境属性已在矿床学界广泛达成共识。


西天山阿希及其外围金矿的发现，是近年来我国西部找矿工作的重大突破之一。董连慧和沙德铭同志先后主持和参加了阿希金矿勘查和国家科技攻关305项目的研究工作，取得了诸多研究成果。《西天山地区晚古生代浅成低温热液金矿床》一书正是他们辛勤工作和劳动成果的结晶。

在野外和室内丰富、翔实的实际资料基础上，作者们经过多学科综合研究，取得了重要进展和新认识。专著详细阐述了矿床地质背景、成矿条件、矿床特征、成矿规律、成矿模式和找矿模式，创造性地提出了一些独到的新认识：提出和确认阿希、伊尔曼得金矿的晚古生代浅成低温热液成因，并进一步划分为冰长石-绢云母型（阿希）和硅化岩型（伊尔曼得），扩展了浅成低温成矿理论的内涵；在详细研究有关矿床地质、地球化学、物理化学特征基础上，开展了与国内外同类矿床的对比，深入认识了本区金矿床的特色；明确指出宏观控制金矿床的晚古生代中期伊犁裂谷活动与吐拉苏早石炭世火山岩带的形成有关，矿床形成于拉张背景下的裂谷环境，拓宽了对成矿环境和找矿区域的认识；他们还提出该区金矿床、金矿田、金矿带（或矿化集中区）与多级火山构造构成一个完整的成岩

成矿体系。

需要特别提出的是，西天山阿希金矿的发现表明，寻找浅成低温热液系统金矿在成矿时间上已不再限于中、新生代而进入古生代，在找矿空间上已由环太平洋带、地中海带跨入了欧亚大陆内部，这是本书对我们的重要启示。可见，本专著的研究成果，是对浅成低温成矿理论的应用和继承，又是补充与完善，也是拓宽和发展，具有重要的学术价值。

纵观全书可以看出，这是一部内容翔实、有一定理论深度并多有创新的学术著作。在这里，我热烈祝贺本书的出版。我相信，这部专著的问世，必将推动欧亚大陆内部古生代褶皱带内陆相火山岩系中浅成低温热液系统金矿床的学术交流与探讨，推动我国西部古生代造山带内金矿找矿工作的深入开展和有效突破。

Handwritten signature in black ink, appearing to read '李俊' (Li Jun).

2005年9月29日

绪 论

浅成低温热液矿床 (epithermal ore deposit) 的概念最初由 Lindgren (1922, 1933) 提出。他按岩浆分异理论, 以深度和温度为准则, 将热液矿床分为深成、中深成和浅成热液矿床三类。按 Lindgren 最初的想法, 这些矿床是在低温 ($< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) 和中压条件下从充有火成喷气的含水流体中沉淀形成的, 认为成矿热液及成矿物质均是岩浆分异的产物。

20 世纪 70 年代, 西利托等人研究后则认为, 浅成热液矿床形成于浅部, 并在火山岩中定位。而前苏联学者则将浅成低温热液金矿床视作与火山-浅成侵入岩有关的金矿床。

20 世纪 80 年代以来, 国外火山岩区金矿地质工作取得了较大进展, 特别是环太平洋带金矿勘查工作十分活跃, 找矿效果显著, 发现了一批大型、特大型浅成低温热液系统金矿床, 如日本菱刈金矿 (储量 260 t)、巴布亚新几内亚波尔盖拉金矿 (420 t)、拉多拉姆金矿 (500 t)、多米尼加的普韦布洛维霍金矿床 (600 t)、利希尔岛拉多拉姆金矿 (500 t)、菲律宾碧瑶金矿 (132 t)、美国麦克劳克林金矿 (100 t)、克里普尔克里克金矿 (653 t) 等等。该类型金矿床具有规模大、品位高、近地表产出、易采、易选冶等特点, 使其成为全球金矿找矿的“热点”之一。这一时期, 同位素地球化学的发展, 现代热泉研究的成果, 使人们对浅成低温热液金矿床形成的认识得到升华, 脱离了岩浆热液单一来源的束缚, 强调的是火山岩地区地热体系的成矿系统, 认为在成矿热液中有大量天水的加入。

此后, 许多矿床学家 N. C. White (1990)、J. W. Hedenquist (1994)、R. H. Sillitoe (1989, 1996)、P. Heald (1987, 1991)、V. F. Hollister (1988)、Bonham (1986)、Berger (1989)、Henley (1990)、Corbett (2002) 等在环太平洋带上开展了大量的卓有成效的研究工作。特别是环太平洋带上一系列大型、特大型浅成低温热液系统金矿床的发现, 加上该类型金矿床具规模出众、效益巨大的特点, 使该类型金矿的寻找和研究达到鼎盛时期, 在全球范围内形成了“浅成低温金矿热”。这一时期, 研究的重点和基础是新生代环太平洋构造岩浆成矿带。

为此, 20 世纪 90 年代初在美国召开了该类型金矿专题地质讨论会, 专门讨论了该类型金矿的地质含义、构造环境、热液系统、成矿作用以及矿床分类等, 并做了相应的规范。用 Lindgren 早年提出的“浅成低温”这一术语统一起来, 但赋予了新的含义, 称浅成低温热液金矿床 (epithermal gold deposit)。浅成低温热液型金矿床指的是陆相火山岩中的金矿床, 既包括赋存于陆相火山岩相-次火山岩系中的金矿, 也包括产于与火山岩-次火山岩系毗邻的地质体中的同类金矿床, 由此实现了对火山岩区金矿床在成矿认识上的新飞跃; 1992 年, 在日本召开的第 29 届国际地质大会上对此开辟了专题, 专门讨论了该类型金矿的若干问题, 但讨论的重点, 仍是环太平洋地区的新生代岛弧带中的金矿。

与此同时, 俄罗斯及中国的一些研究者 (B. U. 斯米尔诺夫、M. M. 康斯坦丁诺夫, 1981; 毋瑞身等, 1985; 李之彤, 1980, 1982; 张德全, 1996; 吴美德等, 1993), 在我国东南沿海以及俄罗斯远东地区古老变质岩区的中生代上叠火山盆地或火山岩带中也确认

许多该类型金矿，如俄罗斯的巴列依等，辽西的二道沟，内蒙古的奈林沟，吉林的五风、刺猬沟，黑龙江的团结沟，福建的紫金山等金矿床，确定了中生代火山岩区该类型金矿的存在和找矿前景。

迄今为止，多数研究者比较一致的看法是：这些金矿床形成于低温（ $< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）、低压（ $n \times 10^7\text{ Pa}$ ， $n = 1 \sim 5$ ）条件下，成矿流体盐度低，成分上以大气降水为主。金矿化作用主要发生在火山活动期后（约 1Ma），最终定位于火山（次火山）地热系统波及范围内。

这一时期研究成果表明，该类型金矿在空间上呈明显集中成带分布的特点，绝大多数分布在环太平洋带、古特提斯带和鄂霍茨克带；在成矿时间上的分布特点大体是第三纪（最重要）、第四纪更新世（次重要）、中生代（重要）；在成矿背景和成矿环境上，浅成低温金矿的成矿环境主要为会聚条件下的岛弧带（可以视为浅成低温金矿第一种构造环境）和我国东南沿海及俄罗斯远东地区古老变质岩区的中生代上叠火山盆地或火山岩带（可以视为浅成低温金矿第二种构造环境）。该类型金矿这一区域性、时代性和构造属性被世界矿床学家广泛接受，并按这一思路实施找矿，成果斐然。

20 世纪 90 年代，我国西部找矿工作的重大突破之一，是在西天山的吐拉苏地区发现了阿希大型金矿和其外围的伊尔曼得、恰布坎卓它、京希开布拉克等金矿床，使该区一跃成为我国重要的产金区（图 1）。这一找矿成果，引起众多研究者的广泛关注并开展了卓有成效的研究工作（刘洪林等，1992；董连慧，1992，1995，2002；毋瑞身等，1995，1996；杨芳林，1994；漆树基，1994，1999；沙德铭，1994，1996，1999，2003；田昌烈等，2000；贾斌，1994，1999，2003；翟伟，1999；肖龙，2002；秦克章，2002；鲍景新等，2002）。



图 1 研究区交通位置图

研究区所处的西天山地区，地质工作起步较晚，研究程度较低。新中国成立至 20 世纪 70 年代末，地质构造研究主要以槽台学说和地质力学观点占主导地位，如黄汲清（1954，1960，1964）、张文佑等（1959）、李四光（1972、1973）。80 年代开始，许多学者以板块学说和大陆动力学理论为指导，分析新疆地壳构造和演化，如李春昱（1983）、冯益民（1987）、成守德（1986）、马瑞士等（1990）、肖序常（1990）、张良臣等

(1995)、陈哲夫等(1991)、杨树德(1994)、何国琦等(1994)、高俊等(1998)。

吐拉苏地区基础地质和找矿工作集中在80年代中后期以后。新疆地矿局(1985~1990)对赛里木湖幅、精河幅进行了120万区域地质调查和区域化探扫面,对该区的地层、岩石、构造等做了系统研究,圈定了金矿物重砂异常和金银等化探异常区,并通过配种站幅和契尔格幅15万区域地质矿产调查,发现了阿希、阿庇因迪等金矿,实现了西天山地区金矿找矿的重大突破;新疆地矿局(1988~1992)对阿希金矿进行了勘探,已探明工业储量为50余吨,并在阿希矿区外围进行了12万化探、高精度磁测等工作,为金矿远景评价打下了基础;新疆地矿局、成都地质学院(1991~1993)等单位相继对阿希金矿成矿作用、控矿因素以及矿物学、岩石学等方面做了一定的工作;新疆有色地勘局(1982~1988)在吐拉苏以东的也里莫墩地区进行了15万、12.5万化探分散流和重砂测量,并对加曼特金矿点(1990~1995)进行了普查评价,同时发现了铁列克特、也里莫墩、郎布拉等金矿(化)点。1991~2000年,国家305项目设立专题,对阿希金矿开展综合研究并开展其外围及区域综合找矿评价工作,发现并评价了伊尔曼得、恰布坎卓它等金矿。

阿希金矿及其外围金矿的发现,实现了西天山找寻大型金矿的重大突破,书写了区域矿产调查和研究工作的新篇章,并通过广大研究者的共同努力,取得了突出的科研成果。对阿希金矿床研究较为详细的研究成果有“北疆地区主要金矿床特征及控矿因素研究”(王润民等,1992)和国家305项目“新疆伊宁县阿希金矿控矿规律与外围靶区评价研究”(毋瑞身、田昌烈、董连慧等,1995)、“吐拉苏-也里莫墩矿带金银成矿规律研究及找矿评价”(田昌烈、沙德铭、贾斌等,2000)。前者着重研究了矿床本身的基本特征,后者主要以区域成矿学的角度提出和确认吐拉苏地区阿希等金矿床为浅成低温热液成矿系统金矿。

笔者有幸参与和主持了阿希金矿的勘查和研究工作(1990~2000),对西天山吐拉苏地区基础地质及金矿地质方面做了大量的研究工作,取得了较好的勘查和科研成果。主持完成了“新疆伊宁县阿希金矿床北段勘探地质报告”(1990~1992)(国家892计划项目,分别获地质矿产部勘查成果一等奖和地质找矿一等奖),参加了“新疆伊宁县阿希金矿控矿规律与外围靶区评价研究”(1992~1995)(国家科技攻关305项目,获得新疆维吾尔自治区科技成果二等奖)等多项科研工作。本专著正是笔者十余年致力于本区金矿研究工作的心得,其中也包含了众多合作者的辛勤劳动和智慧结晶。

我们认为,阿希及其外围的伊尔曼得等金矿,是产于晚古生代的浅成低温热液金矿,可进一步划分为冰长石-绢云母型(以阿希金矿为代表)和硅化岩型(以伊尔曼得金矿为代表)。矿床形成于伊犁晚古生代裂谷活动的早期产物——吐拉苏早石炭世火山岩带内,成矿受多级火山构造渐次控制。金矿主体特征可以与经典同类矿床进行对比,但也存在一些差异。我们的本意是想通过对本地区金矿成矿条件和成矿规律的客观总结,深化该区金矿研究工作,同时,也希望我们的研究成果能为该类型金矿研究以及相关区域金矿找矿和研究工作,提供有益的帮助。

笔者研究工作以新理论为基础,以新思路、新技术、新资料为支柱。一方面注重从二维空间向三维空间的扩展,即重视地壳结构、地壳演化与矿床形成的内在联系;另一方面在空间维上不仅注意对地球化学分区在内的浅层地质控矿因素的研究,而且向深部地质扩

展，探讨诸如深部构造、地壳类型、壳幔作用等深成因素对金矿床的制约和影响，将金矿床作为所在地质构造区域地史演化乃至全球地质构造演化的一个组成部分，从宏观上对成矿环境进行探讨，对成矿条件进行分析研究，总结区域内金矿床的时空分布规律，建立区域矿产勘查模型，旨在指导区域找矿。

本专著是在博士论文“西天山阿希地区金矿成矿特征和勘查模式”（董连慧，2003）、“西天山晚古生代浅成低温金矿成矿条件与成矿模式”（沙德铭，2004）基础上编撰完成的。研究工作中始终得到国家305项目办公室、新疆地质矿产局、沈阳地质矿产研究所、新疆有色地勘局领导和同志的热情关怀，新疆地矿局第一地质大队、第一区调大队、新疆有色地勘局703地质队、新疆阿希金矿等单位为研究工作提供了诸多方便和无私帮助。相关试验测试工作主要由沈阳地质矿产研究所实验室、中国地质科学院矿产资源研究所实验室完成。蔡克勤教授、金成洙教授、张良臣高工、王福同高工、刘德权高工、毋瑞身研究员、田昌烈研究员和李志忠处长等提供了大力支持、指导和帮助。田昌烈研究员审阅了全文，并提出了许多宝贵意见。毋瑞身、田昌烈、杨芳林、刘海山、贾斌、漆树基、孟繁义、张伟博、张炯飞、祝洪臣、武广等参加了部分野外调查和研究工作，赵东芳完成了部分图件的数字化工作。研究和专著编撰工作中，得到许多地质同行的热心帮助，引用了部分研究者的成果。在此，谨向上述单位和有关人员表示衷心的感谢。

目 录

序	
绪 论	
第一章 区域地质概况	(1)
第一节 区域地球物理场、Au 及相关元素地球化学场	(1)
一、区域地球物理场	(1)
二、区域 Au 及其相关元素的地球化学场	(5)
第二节 区域地质构造概况	(7)
一、区域地质构造	(8)
二、区域构造演化	(12)
第二章 吐拉苏火山岩带地质特征	(16)
第一节 火山岩带形成与演化	(16)
一、火山岩带的基本轮廓	(16)
二、火山岩带形成的古构造背景	(18)
第二节 火山岩和火山构造	(33)
一、大哈拉军山组火山岩	(33)
二、火山岩相、火山旋回	(38)
三、主要岩石类型及其特征	(40)
四、火山构造	(42)
五、断裂构造	(46)
第三章 金矿化类型	(50)
第一节 金矿床(点)分布概况	(50)
第二节 金矿类型	(52)
一、与火山作用相关的金矿化分类简述	(52)
二、矿化类型划分	(55)
第四章 金矿床地质特征	(59)
第一节 阿希金矿床	(59)
一、成矿地质条件和控矿因素	(59)
二、矿床地质特征	(63)
三、金矿成矿流体水-岩相互作用与矿化蚀变	(65)
四、矿石类型及其特征	(73)
五、金矿床地球化学	(85)

六、金矿区地球物理特征	(92)
第二节 伊尔曼得金矿床	(95)
一、成矿地质条件与控矿因素	(95)
二、金矿床地质特征	(97)
三、金矿床微量元素地球化学	(100)
四、成矿特征对比	(102)
第五章 矿床成因和成矿模型	(104)
第一节 成矿流体特征	(104)
一、流体包裹体特征	(104)
二、成矿物理化学条件	(106)
第二节 成矿流体性质与来源	(109)
一、自然界水的同位素组成	(109)
二、氢氧同位素组成和流体来源	(110)
第三节 金矿成矿物质来源讨论	(112)
一、微量元素地球化学信息	(112)
二、硫同位素	(113)
三、铅同位素	(115)
四、碳同位素	(117)
五、铷锶同位素	(118)
第四节 浅成低温金矿特点综述	(118)
第五节 成矿模式	(123)
一、浅成低温成矿模式研究现状	(123)
二、成矿作用和成矿模式	(125)
第六章 成矿规律与勘查模型	(129)
第一节 主要控矿地质要素	(129)
一、区域地质背景对成矿的制约	(129)
二、构造对成矿的制约	(129)
三、基底岩系对成矿的制约	(130)
四、含矿建造对成矿的制约	(130)
五、火山作用对金矿的制约	(131)
六、深部构造对成矿的制约	(132)
七、金元素地球化学异常区对成矿的制约	(132)
第二节 金矿床分布规律	(132)
一、矿床分布的不均匀性	(132)
二、矿床在时间上的演化规律	(133)
第三节 勘查模型	(133)
一、阿希等金矿的发现和勘查工作的地质思路	(133)

二、勘查模型	(135)
第四节 成矿预测	(139)
一、吐拉苏金矿成矿远景区	(139)
二、也里莫墩金矿成矿远景区	(140)
三、察布查尔金矿成矿远景区	(140)
四、伊什基里山远景区	(140)
第七章 结论和研究意义	(142)
一、结论	(142)
二、研究意义	(146)
参考文献	(148)
图版说明及图版	(153)

第一章 区域地质概况

金属矿产（包括金矿）研究作为一门独立的地质科学，始于19世纪末，以Lindgren的岩浆分异学说为基础。以研究矿床成矿作用为标志的成矿理论的建立，具有划时代的意义，并由此形成了当时全球几大理论学派。几乎与此同时，法国地质学家路易·德洛内另树一帜，强调研究成矿理论必须着重于分析区域含矿性，研究矿产必须与地壳结构紧密结合。这一见解，作为矿床学研究的重要补充，为其后的地质学家所广泛接受，并发展成为区域性乃至全球性成矿环境的研究体系。金矿床属于金属矿产的范畴，其研究顺应和遵循了上述理论基础和分析方法。

本章将通过研究区深成结构的探讨和浅层地质构造特点的叙述，阐明该地区地层、构造、岩浆岩等各地质要素的时空分布规律及其与金矿床的关系，结合主要成矿元素的地球化学特点进而对其区域成矿条件做出分析。

第一节 区域地球物理场、Au及相关元素地球化学场

一、区域地球物理场

据地球物理资料（江远达，1983），天山地区为幔坳区，莫霍面深达54 km，具花岗岩层、闪长岩层和玄武岩层的3层地壳结构；其北侧的准噶尔盆地为幔隆区，其莫霍面深度为38~41 km；南侧的伊犁地区为相对幔隆区，莫霍面深度为44 km。由此说明，西天山北段为地幔对流会聚区。另据震源深度资料，准噶尔盆地上隆时幔隆向西天山下蠕动，倾角达75°（吴庆福，1987），西天山北侧的伊林哈比尔尕山北坡莫霍面为陡变带、重力梯度带和磁场的分界线。这种物理场的差异导致西天山北段北侧形成陡斜断裂。

1. 深部构造分区

伊犁及邻区位于天山幔坳区的东段（乌统旦等，1995），除了在赛里木湖和伊犁河谷地段有规模不大的突起外，基本上为一宽阔的凹槽（图1-1）。

根据西天山莫霍面等深线图将区内深部构造划分为准噶尔幔隆西南幔坡、伊犁幔隆和南天山幔坳三大区。又将伊犁幔隆划分为赛里木湖幔凸和伊宁幔凸（图1-2）。吐拉苏金矿带产于赛里木湖和伊宁幔凸之间。

深部构造特征很好地显示了全区基底断裂展布格架（毋瑞身、曹洛华等，1995）如上述三大深部构造分区之间或更次一级的伊宁和赛里木湖幔凸之间均有近东西向基底断裂出现，控制了区域构造线方向和岩浆岩及其成矿带的展布，并在整个天山山脉内都有近南北向基底断裂（每隔1左右）（见图1-2），其对区域成矿起重要作用。

2. 重磁场特征

西天山北段磁场分布形态与区域地质构造轮廓相似，基本反映了古生代以来的构造格

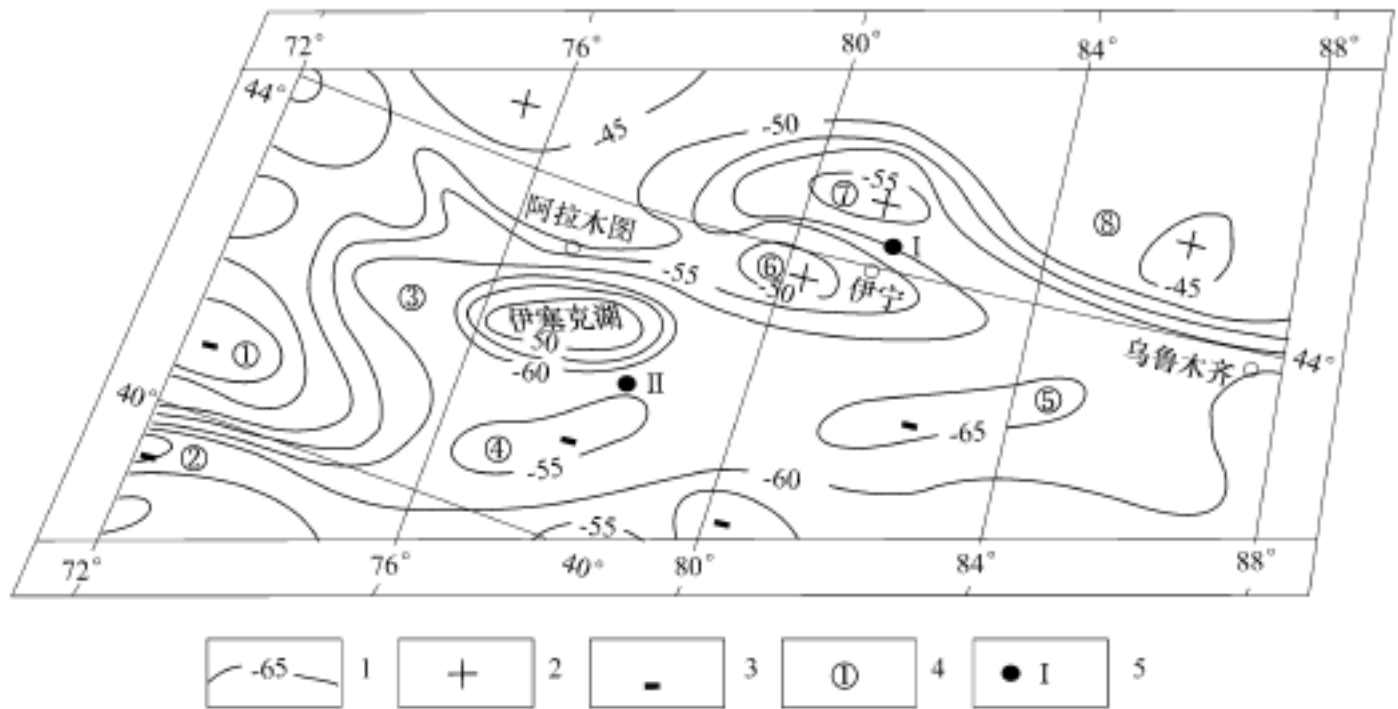


图 1-1 天山幔坳区莫霍面等深线图

(据乌统旦等, 1995)

1—莫霍面等深线; 2—幔凸; 3—幔凹; 4—构造单元及编号; 5—大型金矿及编号:
 费尔干纳幔凹; 南天山幔沟; 伊萨克湖幔凸; 别迭里山幔凹; 哈尔克山幔凹; 伊宁幔凸;
 赛里木湖幔凸; 天山北缘地幔陡坡带; —阿希金矿; —库姆托尔金矿

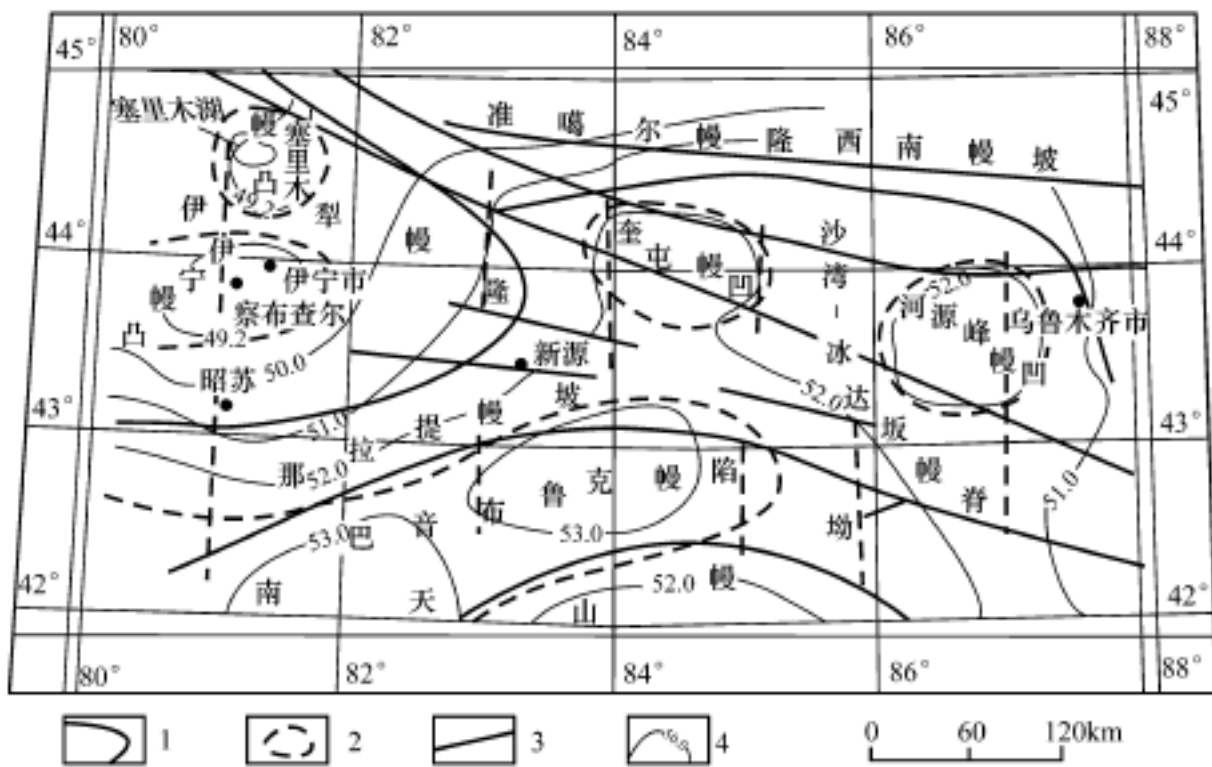


图 1-2 西天山地区深部构造分区图

(据毋瑞身、曹洛华等, 1995)

1—深部构造区界线; 2—一次深部构造区界线; 3—断裂构造; 4—莫霍面等深线 (km)

局。自北向南有 3 条磁异常带: 即 NWW 向分布的负磁场带 (吐拉苏—也里莫墩地区), 近 EW 向分布的强正磁场带 (巩留—新源地区) 和 NEE 向分布的中等强度正磁异常构成的复杂磁场 (昭苏—特克斯地区) (图 1-3)。北部负异常区西北段 (赛里木湖地区) 为高

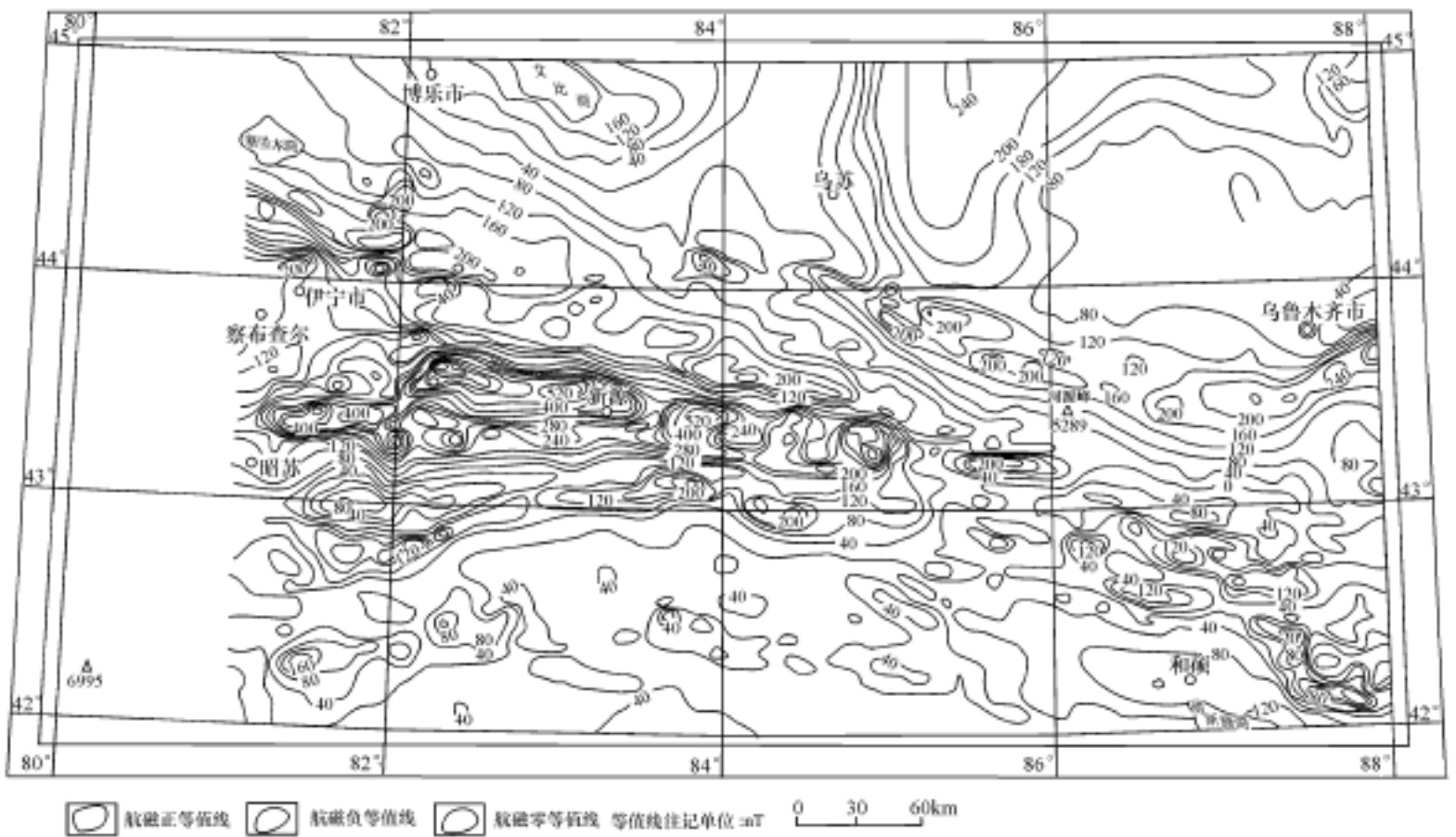


图 1-3 西天山航空磁测 T 平面图

重力场相对应的部分基底为微磁性，为高密度的古元古界大理岩、片麻岩；以南的吐拉苏—也里莫墩地区系重力低分布区和平缓负磁异常区，为以火山碎屑岩为主的火山岩分布区，其中产有吐拉苏金成矿带；伊犁地区为新疆境内强度最高、范围又大的正磁场带，而且对应的是明显的重力高异常带，形成突出的高重、高磁的综合区域异常带。袁学诚教授在研究我国大陆地壳基底构造时认为，西天山伊犁地区如此强磁高重力复合区，只能是太古宇深变质岩区。显然，这种古老结晶基底的变质建造对后来金矿成矿是有利的。

从重力异常形态特征来看（图 1-4），以 NWW 和 NNW 向构造线为主，反映了前古生代构造格架，西天山北段重力异常形态呈零乱无明显规律特征，其异常形态既不像阿尔泰那样呈有方向性的束状线性异常，也不像塔里木异常区那样呈无明显方向的正负块状镶嵌型异常，是介于上述束状线型异常和块状镶嵌异常之间的混合类型。这种重力特征反映了研究区褶皱带的构造演化历史，即由于陆壳的有限拉张形成小洋盆间夹微陆块的构造格局。

3. 地壳结构和地壳类型

根据人工地震 P 波资料（毋瑞身、曹洛华等，1995）（表 1-1）分析，天山地区地壳结构比较复杂，在 2 km 深处沿天山山脉以高速（6.00 ~6.24 km/s）区为主，可能与海西期前后各地质时期岩浆固结变硬有关，而乌鲁木齐山前凹陷为低速区（4.40 km/s）；在 22 km 深处（相当于上、下地壳界面），天山山脉仍以高速（6.00 ~6.45 km/s）为主，但沿南天山断裂带分布有小范围低速区（5.95 km/s），这是一个构造脆弱层，可能为岩浆聚集的层带，反映上地幔物质上涌或地壳部分熔融的部位；50km 深处（相当于下地壳与上地幔界面），天山地区为相对低速区（7.70 ~7.82 km/s），邻区塔里木盆地和准噶尔盆地则为相对高速区，波速皆在 8.00 ~8.30 km/s 之间，反映了天山地区处于地幔凹陷部

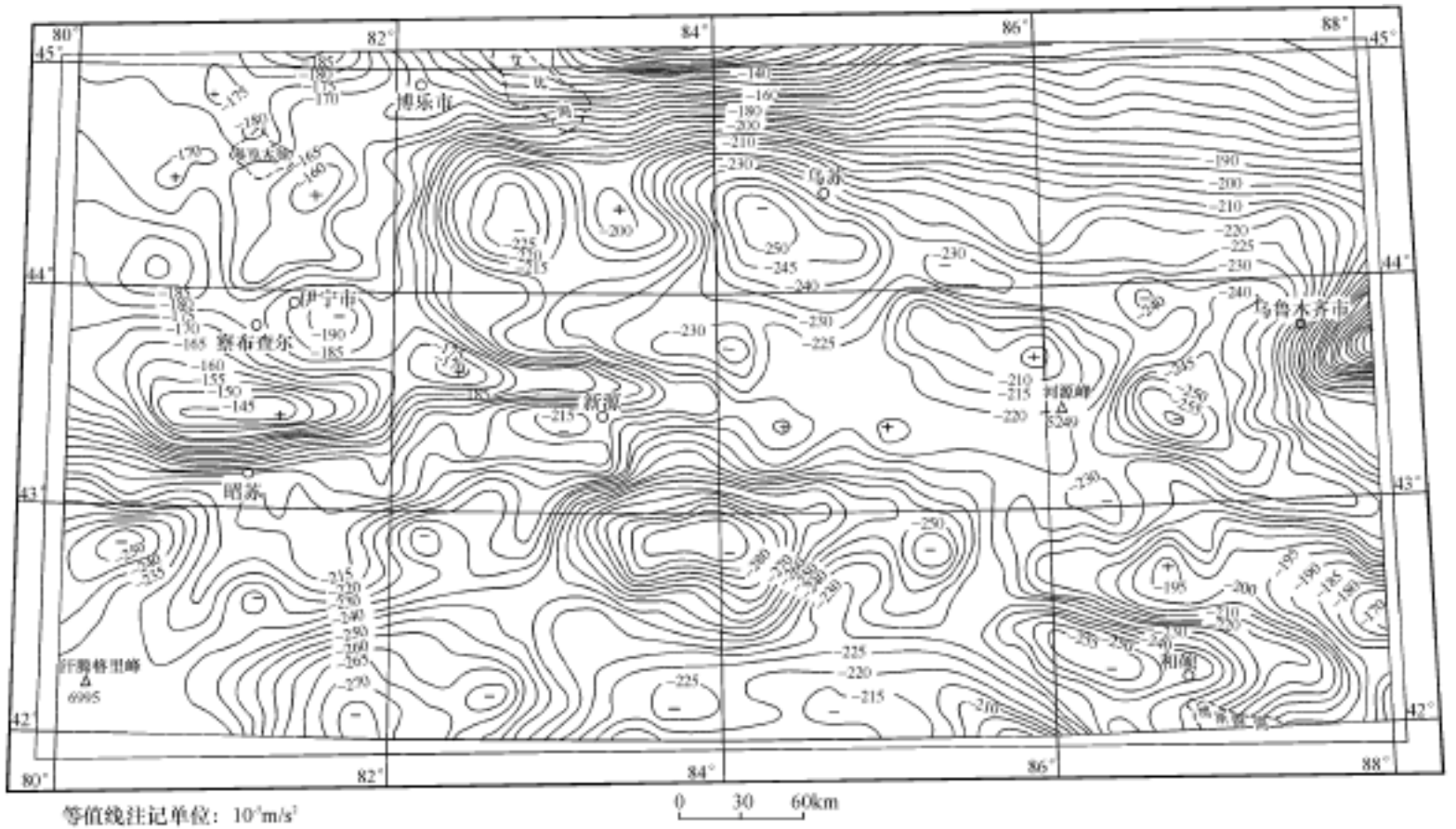


图 1-4 西天山布格重力异常图

表 1-1 西天山及邻区地壳—上地幔不同深度 P 波速度及岩石密度对比表

深度 / km		界面	塔里木地区		天山地区		准噶尔地区	
			速度 $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	密度 $10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	速度 $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	密度 $10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	速度 $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$	密度 $10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
上地壳	2	(K 界面)	4.4	2.58	6.00 ~6.24 乌鲁木齐山前 凹陷为 4.40	2.67 ~2.68 2.70 ~2.74	4.40	2.58
	22		6.45 ~6.82	2.81 ~2.91	6.20 ~6.45 沿南天山断 裂带有小范围 低速区(5.95)	2.73 ~2.81 2.69	6.45 ~6.82	2.81 ~2.91
	50		(M 界面)	8.30 ~8.80		7.70 ~7.82	2.994 ~3.008	8.30 ~8.80
上地幔	岩石圈 80		高速	高密度	以高速为主	3.28 ~3.32 3.32 ~3.39	高速	高密度
	软流圈 110 ~120		高速	高密度	110 km 中天山北 部以低速区为主		高速	高密度

注：江远达(1993)；母瑞身等(1995)；李强(1994)；成守德(1996)。

位，表明天山地区仍处于不稳定状态，与邻区准噶尔和塔里木的“宝塔状”（P 波速度或密度随地壳深度的增加而增大）地壳结构形成明显的对照（母瑞身、曹洛华等，1995）。天山地区这种不稳定的地壳结构对本区金矿的形成有重要意义。表 1-1 中列出了本区及邻区不同深度岩石密度数据。西天山的伊犁以南地区（那拉提断裂以南地区）地壳总体密度不高（ $2.70 \times 10^3 \sim 2.74 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ），显示花岗岩层厚度较大，系铁镁 - 硅铝型

(天山型) 地壳之特征; 西天山的伊犁地区及其以北地区地壳密度更接近于塔里木或准噶尔地区, 反映了其地壳组成岩石基性程度偏高, 可能与硅铝 - 铁镁质型 (阿尔泰型) 类似 (毋瑞身、曹洛华等, 1995)。所以, 西天山北段 (研究区) 地壳类型显然对本区金矿床的形成提供了有利的物质场。

二、区域 Au 及其相关元素的地球化学场

根据已有的化探资料, 选择了 Au、Ag、Hg、As、Sb 等成矿元素和相关元素的异常作为地球化学分区的主要依据。其中, Au 异常单独圈出, Ag 和 Hg、As 和 Sb 异常分别合并表示。从表 1-2 所反映的西天山 (北段) 地区主要地质单元元素平均值 (水系沉积物平均值, 下同) 与克拉克值比较, As、Sb 元素的平均值大于克拉克值, 分别为 8×10^{-6} 、 0.62×10^{-6} ; Ag 元素的平均值接近克拉克值, 为 0.0784×10^{-6} ; Au、Hg 元素平均值小于克拉克值, 分别为 0.80×10^{-9} 和 0.02×10^{-6} 。变异系数大于 1 的元素是 Au 和 Sb, 分别为 2.37 和 2.84, Hg 元素变异系数最小, 为 0.084, Ag 和 As 元素的变异系数分别为 0.200 和 0.22。矿带内所发现的金矿 (点) 床绝大部分都在 Au、Ag、Hg、As、Sb 等相关元素异常范围之内, 可见区域化探扫面工作成果对金矿普查起了重要指导作用。

1. Au 元素区域异常

研究区内 Au 元素在主要地质单元中的平均值为 0.80×10^{-9} , 明显小于克拉克值, 但变异系数均大于 1 (表 1-2)。研究区内 Au 异常下限确定为 2×10^{-9} , 异常形态多为不规则椭圆形, 长轴方向多为近 EW 向或 NWW 向, 与区域地质构造方向基本一致, 异常强度多为 $2 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-9}$, 较高者为 $5 \times 10^{-9} \sim 10 \times 10^{-9}$ 。

表 1-2 西天山 (北段) 地区主要地质单元水系沉积物中 Au、Ag 等元素含量及特征值表

地质单元	地质单元代号	元素名称、元素含量平均值 () 及变异系数 (CV)									
		Au		Ag		As		Sb		Hg	
			CV		CV		CV		CV		CV
第三系	E—N	0.76	2.10	0.0722	0.2	8.8	0.17	0.67	2.12	0.0114	0.16
中生界	T—K	0.69	2.51	0.0752	0.2	8.2	0.19	0.62	2.43	0.0232	0.08
二叠系	P	0.67	2.61	0.0824	0.2	11.0	0.13	0.70	2.0	0.0193	0.08
石炭系	C	0.77	2.46	0.080	0.2	8.4	0.20	0.71	2.28	0.0259	0.06
泥盆系	D	0.92	2.47	0.0783	0.2	8.2	0.27	0.73	2.87	0.0191	0.10
志留系	S	1.23	1.53	0.0807	0.2	9.9	0.18	0.61	3.11	0.020	0.08
元古宇	Pt	0.63	2.97	0.073	0.2	6.8	0.29	0.42	4.64	0.0157	0.12
华力西期花岗岩	4	0.51	3.85	0.0741	0.2	7.10	0.29	0.44	3.65	0.0137	0.11
华力西期闪长岩	4			0.1001	0.2	11.0	0.15	0.61	2.38	0.0215	0.07
平均值		0.80	2.37	0.0784	0.2	8.0	0.22	0.62	2.84	0.02034	0.08
元素克拉克值 (黎彤, 1970)		4		0.08		2.2		0.6		0.089	

注: Au 元素含量单位为 10^{-9} , 其余元素均为 10^{-6} 。

根据 Au 异常展布方向和异常形态及异常强度，将研究区及其邻区 Au 元素异常（图 1-5）分为北、中、南 3 个带：北带位于赛里木湖 - 依连哈比尔尕山一带，带内有几十个 Au 异常，异常多呈 NWW—SEE 向展布，西段赛里木湖北侧较为密集，该带异常强度多在 $3 \times 10^{-9} \sim 6 \times 10^{-9}$ 之间；中带位于婆罗科努山南坡，Au 元素异常最为密集的地段为西段的吐拉苏一带，中段被中新生代地层覆盖，东段异常较西段少，但单个异常面积普遍较大，异常走向多为 NWW—SEE 向展布，单个异常面积多在 $15 \sim 60 \text{ km}^2$ 之间。吐拉苏一带的 Au 异常浓度分带及浓集中心较为明显，最大异常强度可达 500×10^{-9} ，其中 Au29 号异常是吐拉苏地区最重要的 Au 化探异常，区内发现的阿希、恰布坎卓它、吐乎拉苏西南及塔吾尔别克金矿均产于其中；南带位于察布查尔山至阿吾拉勒山一带，Au 元素异常多分布于察布查尔山的东段和阿吾拉勒山的西段，异常呈 EW 向展布，单个异常面积普遍较大，一般为 $60 \sim 80 \text{ km}^2$ ，面积最大的可达 550 km^2 。

2. Ag、Hg 元素异常特征

研究区内 Ag 元素平均值为 0.0784×10^{-6} ，略小于克拉克值；Hg 元素平均值为 0.02034×10^{-6} ，明显小于克拉克值。两元素的变异系数平均值都小于 1，Ag 为 0.2，Hg 为 0.084。按 Ag 元素异常下限 0.1×10^{-6} 和 Hg 元素异常下限 0.05×10^{-6} ，共圈出 Ag、Hg 异常几十个（图 1-5）。异常形态多为椭圆状或不规则状，长轴方向多为 NWW—SEE 向，少数呈近 EW 向展布。Ag、Hg 异常的浓度分带和浓集中心多不明显。

Ag、Hg 元素异常与 Au 元素异常紧密伴存，前者单个异常面积一般较大，因而常在一个 Ag、Hg 元素异常内包含有多个 Au 元素异常。与 Au 元素异常一样，Ag、Hg 元素异常可分为北、中、南 3 带：北带与 Au 异常带重合，共有几十个 Ag、Hg 元素异常，多分布于赛里木湖东西两侧，带内 Ag 异常强度为 $0.12 \times 10^{-6} \sim 0.15 \times 10^{-6}$ ，Hg 异常强度为 $0.04 \times 10^{-6} \sim 0.15 \times 10^{-6}$ ；中带位于婆罗科努山南坡，西段吐拉苏一带有 6 个 Ag、Hg 元素异常，其异常面积普遍较大，异常展布方向多为 NWW—SEE 向，Ag 异常强度为 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.25 \times 10^{-6}$ ，Hg 异常强度为 $0.04 \times 10^{-6} \sim 0.15 \times 10^{-6}$ ；南带位于阿吾拉勒山一带，共有 15 个 Ag、Hg 元素异常，呈 EW 向展布，带内 Ag、Hg 元素异常主要分布于已知铜矿化区，单个异常的面积比中带的要小，异常强度与北带相差不大。

3. As、Sb 元素异常特征

研究区内 As 元素平均值为 8.0×10^{-6} ，是克拉克值的 3.6 倍，变异系数平均值为 0.2；Sb 元素平均值为 0.62×10^{-6} ，略大于克拉克值，变异系数平均值为 2.84。按 As 元素异常下限 20×10^{-6} 和 Sb 元素异常下限 1.0×10^{-6} ，共圈出 As、Sb 元素异常数个（见图 1-5）。As、Sb 元素异常的特点是异常个数偏少，但面积普遍较大，单个异常面积多在 $400 \sim 800 \text{ km}^2$ ，最大的达 2500 km^2 。多呈不规则状形态，但异常长轴方向与地质体和构造线展布方向基本一致，以 NWW—SEE 向为主，EW 向次之。按其展布方向，大致可分北、中、南 3 个带：北带位于赛里木湖地区，带内 As、Sb 元素异常面积广，展布方向为 NWW—SEE，集中分布于该带东段和西段，As 元素异常强度为 $25 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$ ，Sb 元素异常强度为 $1.5 \times 10^{-6} \sim 2.5 \times 10^{-6}$ ；中带位于婆罗科努山一带，带内 As、Sb 元素异常分布面积广，展布方向为 NWW—SEE 向，异常强度 As 为 $25 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$ ，Sb 为 $1.5 \times 10^{-6} \sim 2.5 \times 10^{-6}$ ，其中吐拉苏一带 As 异常最大值可达 113×10^{-6} ，Sb 异常最大值为 33×10^{-6} ，且浓集分带、浓集中