中国西部地区金矿地质学术讨论会论文集

中国人民武装警察部队黄金地质研究所 编



地震出版社

责任编辑：陈晏群　封面设计：徐雁生



ISBN 7-5028-1964-9

9 787502 819644 >

ISBN 7-5028-1964-9/P・1094
（2515）定价：45.00元

中国西部地区金矿地质学术讨论会论文集

中国人民武装警察部队黄金地质研究所　编

地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国西部地区金矿地质学术讨论会论文集/中国人民武装警察部队黄金地质研究所 编
—北京:地震出版社,2001.10
ISBN 7-5028-1964-9
Ⅰ.中… Ⅱ.武… Ⅲ.①金矿床-采矿地质学-西南地区-学术会议-文集②金矿床-采矿地质学-西北地区-学术会议-文集Ⅳ.P618.51-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 066718 号

内容简介

西部地区具有良好的金矿成矿条件和找矿前景。本论文集是由在该区工作过的地质工作者撰写的论文集结而成,总结了西部地区各主要成矿区带的成矿背景、条件及规律和找矿方向。同时,探讨了金矿找矿技术与方法,提出了一些新的认识,为进一步开展该区的金矿地质找矿工作奠定了基础。本论文集资料详实,内容丰富,对于地质工作者对西部地区的地质认识具有较大的参考价值。

中国西部地区金矿地质学术讨论会论文集

中国人民武装警察部队黄金地质研究所 编

责任编辑:陈晏群

责任校对:庞娅萍

出版发行:地 震 出 版 社

北京民族学院南路 9 号 邮编:100081

发行部:68423031 68467993 传真:68423031

门市部:68467991 传真:68467972

总编室:68462709 68423029 传真:68467972

E-mail:seis@ht.rol.cn.net

经销:全国各地新华书店

印刷:北京春美艺园印刷厂

版(印)次:2001 年 10 月第一版 2001 年 10 月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:413 千字

印张:16.125 插页:2

印数:0001~1000

书号:ISBN 7-5028-1964-9/P·1094(2515)

定价:45.00 元

前　言

武警黄金地质研究所积极响应国家西部大开发的号召，服从于黄金部队的总体西进战略，按照“两个贴近、四个服务”的建所方向，坚持“多找矿才是硬道理、找大矿才能有作为、找富矿才能有效益”的原则，2000 年在西部地区共开展地质项目 6 项，其中国土资源大调查项目 3 项、西部预查项目 1 项、重点勘查区研究项目 2 项。工作区范围涉及青海、西藏、甘肃、新疆、四川、内蒙、陕西等六省区，面积约 48 万余平方公里，有 41 名同志参加了西部项目工作。在项目经费未及时到位的情况下，积极筹措资金购置必须的技术和野外生活装备 230 余台（套、件），项目组累计野外工作 3943 人天，行程 18 万余公里，为西部地区的金矿地质找矿工作奠定了坚实的基础。

在指挥部党委的正确领导下，通过全所干部、战士及职工的共同努力，项目组同志克服西部地区条件艰苦、环境恶劣带来的各种困难，发扬敢于吃苦、乐于奉献的团队精神，在西部地质找矿战场上取得了初步成效，为进一步在西部地区开展地质找矿工作提供了科学依据。6 个项目共圈定找矿靶区 12 处，远景区 20 处，控制含金水系 11 条，确定了 19 个有进一步工作价值的化探异常区；对陕西丁家林和甘肃阳山金矿带成矿规律的认识有了进一步提高，提出了加强矿区深部和外围找矿工作的指导性意见，工作质量和成果得到了指挥部和地质调查局领导的充分肯定。

为加强交流，活跃学术气氛，提高广大科技人员不断进取和努力学习科学知识的积极性，进一步扩大西部地区的找矿成果，为部队的地质找矿战略布局和找矿生产提供科学依据，使科研成果尽快转化为生产力，真正实现科研工作的“两个贴近、四个服务”，研究所于 2001 年 2 月 27－28 日召开了“中国西部地区金矿地质学术讨论会”。本次讨论会共收到学术论文 49 篇（含总队、支队 8 篇），内容涉及“区域成矿地质条件分析”、“成矿规律与找矿预测”、“找矿技术和方法的开发应用”、“矿产资源及经济评价”和“GIS 技术应用”等方面。研

究所“中国西部地区金矿地质学术讨论会”的成功召开，得到了武警黄金指挥部、中国地质调查局、国家经贸委黄金管理局和有关总队、支队的大力支持，也得到了研究所聘请的11位学术顾问及研究所广大退休科技人员的热情帮助，在此一并表示感谢！

由于会议准备时间仓促，同时我所全面参与西部地质找矿工作时间较短，在论文水平和质量上参差不齐，难免存在缺点和错误。现选出与会学术论文36篇结集成书，敬请领导、专家和同仁读者提出宝贵意见，使我们在今后的工作中汲取经验，为取得更大成绩打下良好基础。

编　者

2001年6月5日

目　录

一、区域成矿地质条件分析

北山－天山结合部大地构造演化及成矿作用…… 李强之　郭晓东等(3)
西藏班公湖－怒江成矿带中段中酸性侵入岩特征、成因及与金矿
　成矿的关系 …… 刘桂阁等(13)
西藏班公湖－怒江成矿带中段区域地质构造特征 …… 范俊杰　路彦明等(19)
金矿成矿的大地构造环境控制及专属性 …… 葛良胜(24)
成矿地球动力学环境分析与金矿区域成矿预测
　——以新疆北部地区为例 …… 卿　敏等(35)
东昆仑地区地质构造演化及金矿找矿前景分析 …… 慕　涛等(44)
基于基本规律－基础地质前提的成矿预测过程 …… 葛良胜　李振华(53)
新疆东北部板块运动特征分析 …… 郭晓东　徐燕夫　陈孝强(63)

二、成矿规律与找矿预测

对西部地区金矿找矿规划和找矿区划工作的思考 …… 白万成(71)
西藏班公湖－怒江成矿带中段金矿成矿规律及找矿远景评价
　…… 路彦明　刘桂阁等(75)
冈底斯－念青唐古拉褶皱带中段中酸性岩浆活动特征及金矿
　找矿方向 …… 张学军等(86)
藏北地区砂金矿的成矿地质条件及找矿方向初探 …… 邹依林(92)
海相火山岩型金矿床及其在中国西部勘查前景分析 …… 卿　敏　李文良(98)
藏北砂金地质特征及找矿方向…… 吴洁民　马建文　吴继清(103)
东昆仑地区金矿成矿地质条件及成矿规律分析…… 肖　力等(107)
内蒙古阿拉善地区成矿规律及找矿方向探讨…… 王金龙　尹　忠等(114)
陕西省宁强县丁家林金矿床地质特征…… 董　刚(119)
青海省格尔木市东大滩金锑矿床地质特征及外围找矿…… 刘　纲等(124)
川、陕、甘三角区金矿床、金矿成矿系统与金矿找矿 … 周遗军　董　刚　王明卫等(132)
甘肃省文县阳山金矿带成矿规律与找矿方向研究…… 齐金忠等(143)
内蒙古乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带金矿成矿规律和
　区域成矿模式…… 刘　纲　武玉海等(150)
甘肃肃北蒙古族自治县南金山金矿地质特征及控矿条件分析
　…… 郭晓东　李强之等(160)
新－甘北山地区金矿床类型及典型矿床简介…… 徐燕夫　李强之　郭晓东(168)

三、找矿技术和方法的开发应用

西藏班公湖－怒江成矿带中段砂仓标型特征对寻找原生金矿
的指示意义…… 卫万顺　路彦明(177)
西藏班公湖－怒江成矿带中段水系沉积物异常特征及对金矿
找矿的意义初探…… 潘爱军　路彦明　范俊杰(185)
西藏班公湖－怒江成矿带中段遥感方法应用及其效果…… 韩先菊　吴顺发(190)
遥感技术在北山地区金矿找矿中的应用…… 刘荫椿(194)
遥感技术在东昆仑及邻区金矿找矿中的应用…… 刘志杰等(199)
干旱、半干旱荒漠地区金矿找矿方法与实践…… 靖　军　张学洲　杨观德等(206)
东昆仑地区地球化学特征及其在金矿找矿中的意义…… 孙　岳等(213)
金的数显离子选择化学传感器的性能特点及应用前景…… 杨理勤　李维明(222)

四、矿产资源及经济评价

西藏班公湖－怒江成矿带中段砂金矿资源总量预测…… 向永生(229)
高原缺氧地区砂金矿找矿边际工业指标探讨…… 向永生　任　伟(233)

五、GIS技术应用

班公湖－怒江成矿带中段地质图件的制作与配准…… 孔爱云(239)
GIS中图件比例系数及坐标位置的设置技巧…… 藏忠淑(242)
GIS中矢量图件制作的几点体会…… 邢俊兵(248)

一、区域成矿地质条件分析

北山－天山结合部大地构造演化及成矿作用

李强之　郭晓东　徐燕夫　陈孝强
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　本文在综合大量前人工作的基础上，按照板块构造的观点，初步理清了北山－天山结合部的大地构造格架及其演化。同时，依据大地构造背景，划分了成矿区（带），总结了成矿规律，指出了北山－天山结合部应主攻的矿床类型及区域。

关键词　构造演化　地球动力学　成矿规律　找矿方向　北山－天山结合部

1　北山－天山结合部大地构造格架

1.1　中天山－北山明水元古宙活动大陆边缘

1.1.1　中天山－北山明水中元古宙具岛弧型火山沉积建造特点

从最近所获资料来看，中天山最古老的基底岩石为太古宙约普留布拉克群，其主要岩性为：斜长角闪岩（原岩为偏碱性玄武岩）和 TTG 岩石。它被认为是塔里木古陆块最古老的一部分（胡蔼琴，1985），在本区分布于中天山东部星星峡群（ChX）中。其同位素年龄值为 3263±129Ma（Sm－Nd，所测岩性为斜长角闪岩）。

星星峡群主要由云母片岩、黑云斜长片麻岩、黑云斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩、花岗片麻岩及混合岩等组成，间夹少量石英岩和大理岩，总体上为绿片岩相－角闪岩相变质程度，局部具混合岩化。原岩建造为火山－复理石建造及碎屑岩－碳酸岩建造。出露厚度为 2810～5573m，胡蔼琴（1986）曾测得该群上限年龄值为 1400±73Ma，下限年龄值近 1900Ma。时代当属长城纪。

胡受奚（1990）、姬金生（1995）等研究认为：星星峡群的中、基性火山岩为大洋过渡型玄武岩，表现为岛弧拉斑玄武岩系列特征；星星峡群的酸性火山岩属钙碱系列，是岛弧的中、晚期产物。

鉴于自后太古代以来地壳演化有其相似性（张本仁，1990），将星星峡群碎屑岩的主化学成分与 Bhatia（1986）所提供的中生代各种构造条件下杂砂岩的主化学成分相比较，可知其具活动陆缘特点。

1.1.2　北山明水岛弧基底的性质及火山沉积建造特点

中天山变质岩带向北东至甘肃北山地区，和北山北带的明水、石板井一带及旱山地区所出露的变质岩带一脉相承，左国朝（1994）曾将其连同中天山一起称作“中天山微大陆”。汤中立等（1997）认为它们在中元古宙同塔里木板块是连在一起的，实际上共同组成了塔

主要作者简介：李强之，男 1965 年生，博士，高级工程师，主要从事黄金地质及矿床学研究。

里木板块中元古宙活动性大陆边缘。北山明水一带所出露的变质岩系，岩石组合为眼球状黑云斜长片麻岩、斜长角闪片岩、黑云石英片岩、二云片岩、含铁石英岩及大理岩，可与星星峡群对比，同时，其时代也有争议。甘肃省地层清理者(1994)认为其属前长城系，划入敦煌岩群范畴。左国朝(1994)认为：石板井北可见到眼球状花岗岩侵入到变质岩系中，其 Sm－Nd 模式年龄值为 1600Ma，在旱山地区(石板井东)可见到混合花岗岩侵入到斜长角闪片岩中，混合花岗岩 Rb－Sr 等时线年龄值为 649±56Ma，Sm－Nd 模式年龄值为 1700Ma，因此，该套变质岩时代当属中元古宙。汤中立等(1997)认为：该套变质岩和星星峡群多有相似之处，即其主体部分属中元古宙，部分岩石时代可能较老，正如现有资料所表明的星星峡群中有太古宙克约普留布拉克群出露一样，明水－石板井一带的长城纪变质岩系中也有前长城纪地层出露，很可能其中的眼球状黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩就属敦煌群。由此不难看出：中天山和北山明水具有相似的岩石组成，具有相同的岛弧建造特征，属同一岛弧构造带(图 1)

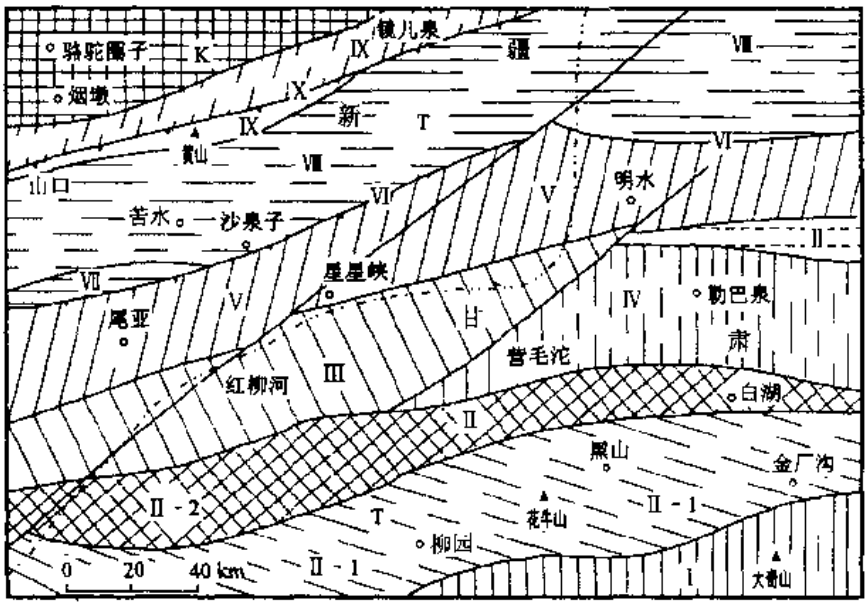


图 1　北山－天山结合部大地构造格架(据汤中立等修改)

T－塔里木板块；Ⅰ－大奇山晚古生代裂谷带；Ⅱ－早古生代裂谷带；Ⅱ－1－花牛山－黑山裂谷；Ⅱ－2－营毛沱－白湖裂谷；Ⅲ－红柳河古生代弧后盆地；Ⅳ－勒巴泉大陆边缘山弧带；Ⅴ－中天山－北山明水元古宙岛弧带；Ⅵ－沙泉子－明水北早古生代碰撞带；Ⅶ－雅满苏－阿齐山晚古生代岛弧带；Ⅷ－康古尔－苦水盆地；Ⅸ－黄山石炭纪岛弧带；Ⅹ－康古尔俯冲带；K－哈萨克斯坦－准噶尔板块

1.1.3　中天山－北山明水元古宙岛弧型花岗岩

在经历了长城纪剧烈的火山活动之后，中天山－北山明水活动性大陆边缘步入了一个相对平稳的时期，沉积环境有了较大的变化，其上主要沉积了一套含 P、Mg、C、Fe 较高的碳酸盐岩及少量的陆源碎屑岩(蓟县纪卡瓦布拉克群 Jxk)，青白口纪该区则以陆源碎屑岩为主，仅有少量基性火山岩，反映了一种稳定－次稳定大陆边缘沉积环境。东部北山明水一带则以隆起为特征，反映了中天山已进入岛弧晚期阶段，此时本区主要表现为花岗

岩浆活动，这种花岗岩浆活动一直延续到加里东早期。其岩石类型既有I型花岗岩，也有S型花岗岩，其Rb－Sb等时线年龄值为818Ma及724Ma；前者以天湖花岗岩为代表，后者以星星峡岩体为代表。前者岩石类型主要有闪长岩、石英闪长岩、斜长花岗岩及花岗闪长岩，岩浆特征清楚，一般与围岩（中、晚元古宙）呈侵入接触；而后者岩石类型为正长花岗岩或变斑状正长花岗岩，具强烈的片麻状构造，岩体长轴方向及片麻理走向与区域构造线一致（NEE）；与围岩界线不清，具各种交代结构及花岗变晶结构，李继亮（1990）和Pitche（1983）研究认为，I型和S型花岗岩成对出现（双深成岩带），是造山带标志之一，而岛弧构造带是I型和S型花岗岩共存的典型地区。

1.2 中天山－北山明水早古生代离散地体

由于哈萨克斯坦－准噶尔－塔里木板块俯冲，塔里木大陆边缘发生裂解作用，致使中天山－北山明水地块从塔里木大陆裂解出来，呈碎块（条）状沿塔里木大陆边缘分布，距其远近不一，当然局部可能并未完全裂开，从而使塔里木大陆边缘具西太平洋型板块边缘性质。

根据岩石组合、地层学及古地磁资料，上述地体离散的时间应在寒武纪之后，它们构成了中天山早古生代岛弧构造带的基底，其上广泛发育岛弧型花岗岩（胡受奚，1990）。

因此，早古生代本区大地构造的基本格架是：中天山北缘及北山明水一带是哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋板块向塔里木板块俯冲的俯冲构造带；中天山－北山明水为岛弧型离散地体；红柳河为中天山－北山明水岛弧的弧后盆地；花牛山－黑山以及营毛沱－白湖为裂谷带。另外由于红柳河弧后盆地的扩张和俯冲，在其南侧形成勒巴泉山弧（图2）。

1.3 红柳河早古生代弧后盆地构造带、勒巴泉早古生代山弧带及弧后裂谷系统

1.3.1 红柳河弧后扩张盆地

红柳河地区黑尖山组（Sh）的岩石序列为石英砂岩夹砾岩（下部）－褐红色铁质胶结的石英砂岩－钙质石英砂岩、灰色砂质灰岩（上部），反映了盆地逐渐拉张的过程。而该区保存完好的蛇绿岩（周国庆，1982；马瑞士，1983；左国朝，1995），则说明红柳河弧后盆地已拉张成为洋盆。

1.3.2 勒巴泉山弧及弧后裂谷系统

中、晚志留世红柳河弧后盆地扩张达到鼎盛，产生双向俯冲，一是向中天山－北山明水岛弧之下俯冲，致使岛弧南部发育早古生代岛弧型花岗岩；二是向南俯冲，在勒巴泉地区形成安第斯型火山岩（公婆泉群SG）；三是在勒巴泉山弧之后的伸展系统内形成营毛沱－白湖裂谷；四是使得花牛山－黑山裂谷进一步加深。

（1）勒巴泉山弧。

该山弧带主要由公婆泉群火山岩组成，主要岩石组合为玄武岩、角闪安山岩、安山质熔结角斑岩、英安岩、英安质角砾岩、流纹英安岩、安山质及英安质凝灰岩（角砾岩）及角闪斜长变粒岩、变斜长流纹岩等（左国朝，1993）。据汤中立等（1997）认为该区安山岩为大洋岩石圈俯冲时洋壳与部分陆壳物质熔融转化而成钙碱－碱质岩浆的产物。

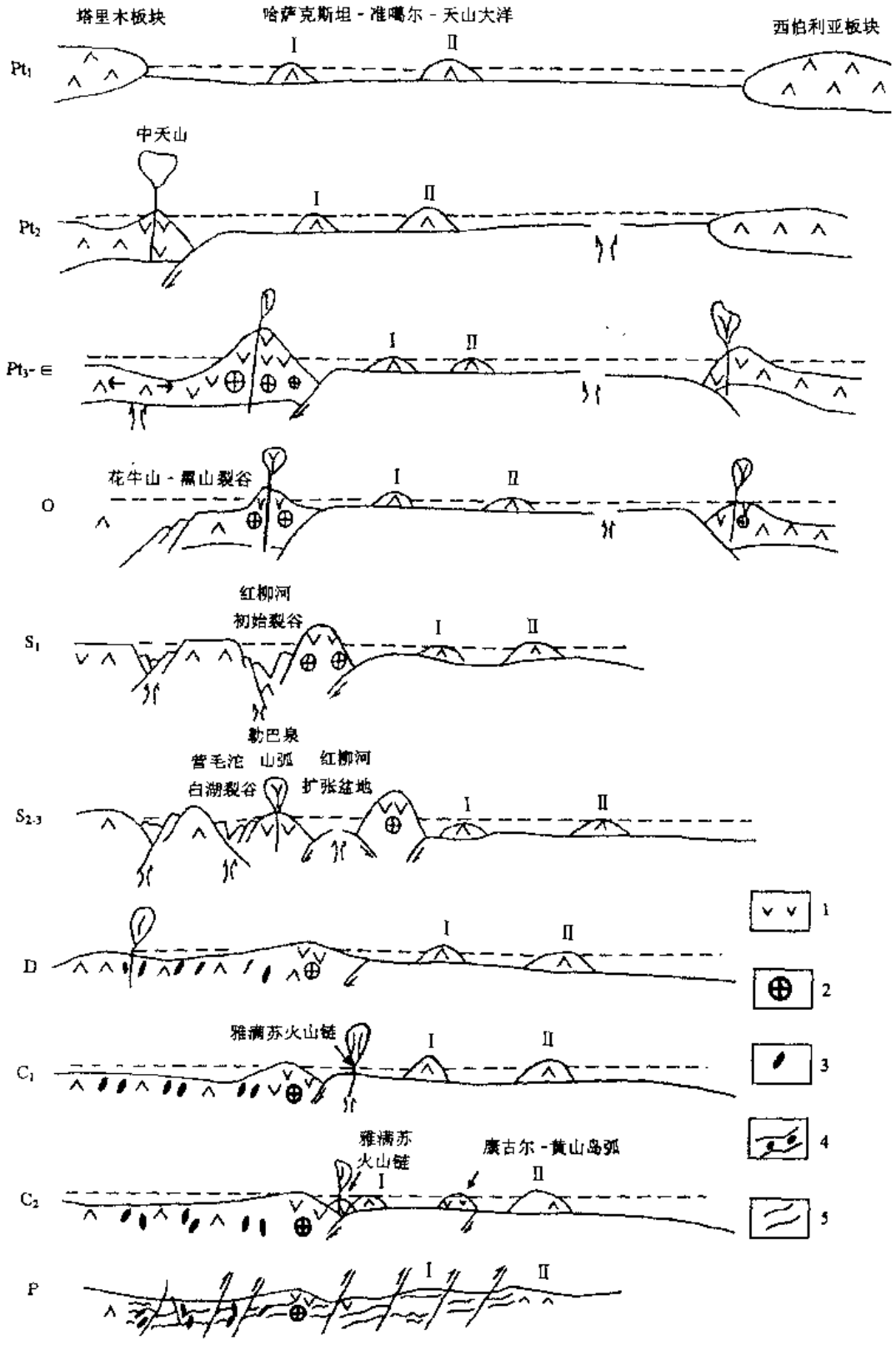


图 2 北山－天山结合部构造演化示意剖面(据汤中立,1997)

1 岛弧火山岩;2－花岗岩;3－蛇绿岩块及基性－超基性岩;4－混杂堆积;5－盖层;Ⅰ－吐－哈地块;Ⅱ－哈萨克斯坦陆块

(2)营毛沱－白湖裂谷。

该裂谷位于勒巴泉山弧南侧，志留纪火山岩主要分布于白湖－营毛沱北侧大断裂附近，白湖－营毛沱南侧大断裂无火山岩分布，前者称之为“火山型被动陆缘”；后者为“非火山型被动陆缘”，二者共同组成双被动陆缘(何国琦，1989)。该裂谷中的火山岩及超基性－基性杂岩均是沿一条切穿整个大陆岩石圈的低角度拆离断裂形成并向上迁移的。左国朝(1994)研究认为其是陆壳基底之上的拉张产物，从玄武岩具枕状构造来看裂谷裂开深度较大，已出现洋壳。

(3)花牛山－黑山裂谷。

该裂谷在晚元古宙早期已开始出现拉张，随着哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋向塔里木不断俯冲，其鼎盛时期为奥陶纪。主要表现为奥陶纪时花牛山地区出现大量火山岩。火山作用主要发生于裂谷之南侧，北侧未见火山作用的踪迹，二者亦组成“对被动陆缘”。火山作用的产物为奥陶纪花牛山群(Oh)，其中的火山岩具“双峰式”特点(左国朝，1993)。泥盆纪时该裂谷出现陆相火山岩及火山磨拉石(墩墩山群 Dd)，标明其已夭亡。

1.4 北山－天山结合部晚古生带岛弧带及俯冲带

马瑞士等(1993)指出：在一般情况下，岩石圈板块俯冲的位置具有相对稳定性和常驻性，其原因是规模巨大的沉重的岩石圈板块俯冲到软流圈内，就好象发生了“抛锚作用”一样，使得俯冲带位置不易向大洋方向迁移。但是俯冲受阻时，俯冲带的岩石圈就会“起锚”，俯冲带的位置则会改变。整个早古生代甚至晚古生代晚期，哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋都是沿沙泉子－明水北断裂俯冲的。到晚古生代，特别是中石炭世以后，中天山－北山明水岛弧相继与雅满苏火山链(C_1)和哈密－吐鲁番陆块碰撞，使得上述俯冲带位置向北迁移到康古尔－黄山一线，形成康古尔俯冲带。这次碰撞与“起锚”，使得红柳河盆地消失，勒巴泉山弧与中天山－北山明水岛弧移近，弧后裂谷系统消失(汤中立，1997)。

1.4.1 康古尔古生代俯冲带

关于康古尔是不是俯冲带，目前意见尚不统一，但地球物理资料表明康古尔断裂带是重力梯级带，是重、磁场的分界带(江远达，1989；孙建江，1990；汪振文，1987)；地球化学资料表明康古尔断裂带上的异常繁多，规模巨大，呈线型分布，常见 Cr、Ti、V、Ni 及贵金属组合，显示深大断裂存在(刘泉清，1986)，而元素组合复杂多样，是俯冲带地球化学特征之一。另外，康古尔断裂带存在“榴辉岩化”地壳(汤中立，1997)，俯冲带中的火山岩既有洋脊拉斑玄武岩分子，又有岛弧拉斑玄武岩分子，说明该群火山岩部分属“有限洋盆”的产物，即是哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋消失殆尽的象征；该群中的粉砂岩的地球化学也具大洋岛弧及活动陆缘环境的双重特征(汤中立，1997)。

1.4.2 康古尔－苦水弧间盆地

康古尔－苦水盆地的基底岩石是早石炭世于墩群，为一套硅质岩建造，含放射虫，夹少量的细碧岩、角斑岩及凝灰岩。化石样品(时言，1983)表明其形成时代早于康古尔俯冲带，而与雅满苏火山链的形成时代一致，康古尔俯冲带的俯冲作用，形成黄山岛弧带，并在其后由于俯冲挤压使板块(于墩群)弯曲构成康古尔－苦山弧间盆地。

2 大地构造演化及地球动力学

本区康古尔断裂以南属塔里木板块东北缘；中元古代本区就可寻觅到板块俯冲的踪迹；寒武纪－中三叠世末，本区构造格架的形成演化是西伯利亚－中国东部－澳大利亚这条轴线由沿赤道排列状态顺时针旋转成为沿子午线排列状态（殷鸿福等，1996）这一总背景下进行的，其地球动力学机制是由地幔均一化引起（欧阳自远，1993）；塔里木板块是随西伯利亚一道从赤道附近旋转漂移至现今位置的。

奥陶纪－志留纪，由于哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋向塔里木俯冲，导致弧后扩张，奥陶纪形成花牛山－黑山裂谷，志留纪形成红柳河盆地，也使得中天山－北山明水与塔里木分离形成离散地体。随着红柳河弧后盆地的扩张，一是形成勒巴泉山弧；二是形成白湖－营毛沱裂谷；三是使得花牛山－黑山裂谷进一步加深。

中石炭世，随着塔里木板块向北漂移，中天山离散型岛弧地体与雅满苏火山链及吐－哈地块相继碰撞，致使俯冲带从沙泉子一线起锚向北迁移到黄山、镜儿泉一线，形成康古尔俯冲带，并使康古尔一带的干墩群岩石弯曲形成康古尔－苦水盆地。

晚泥盆－晚石炭世，随着塔里木板块继续迅速向北漂移，致使本区红柳河盆地及其南侧的裂谷系统消亡，中天山－明水离散地体又回归塔里木，同塔里木大陆连为一体。嗣后，本区进入全面造山作用阶段，仅在挤压应力松弛时形成拉张盆地。

印度板块、太平洋板块向中国大陆俯冲，其远距离效应导致本区出现 NE－NEE 向推覆构造及左行平移断层。

需要说明的是，虽然石炭纪之后哈萨克斯坦－准噶尔－天山大洋板块的 B 型俯冲已经结束，但板块内部的 A 型俯冲却并未停止，正是 A 型俯冲导致了北山－天山结合部碱性花岗岩的广泛产出，正是 A 型俯冲导致了区内推覆构造、韧性剪切带的广泛发育；也正是 A 型俯冲使得二叠纪时本区出现挤压造山与陆壳破裂，形成磨拉石与双峰式火山岩（左国朝，1993）。

3 区域成矿作用

本区的成矿作用与大地构造演化是密切相关的，不同的大地构造背景控制着不同矿种、不同类型矿床（点）的产出。

3.1 成矿区（带）的划分及成矿特征

3.1.1 星星峡－狼娃山成矿带

位于天山造山带东段，在古生代属于塔里木板块活动大陆边缘，古生代末期与西伯利亚古板块活动大陆边缘对接，古天山大洋消失。本区经历了较为漫长的地壳演化，地层、构造、变形、变质、火山－岩浆作用、热液活动均十分复杂。

该成矿带金属矿产分布星罗棋布，主要矿产为金、铜、铅锌等，其中已发现岩金矿床（点）40 余处，包括石英脉型金矿（点）32 处（中型 4 处）；构造蚀变岩型金矿点 3 处；太型火山热液型金矿床 1 处（马庄山）。该带现已发现马庄山、南金山、修翁哈拉、460、扫子山、霍

勒扎德盖、狼娃山等大、中、小型金矿床;铅炉子铅锌矿、明水铜矿等。矿床(点)集中分布在三个带,即460-扫子山一带、双尖山-狼娃山一带和马庄山-南金山一带。其中马庄山-南金山一带多为火山-次火山热液型金矿,其余大多数为石英脉型和构造蚀变岩型金矿床。

3.1.2 红柳河-马莲井成矿带

该成矿带位于中天山古生代岛弧与塔里木古大陆两个构造单元之间的边缘海盆地。在晚志留世-早泥盆世期间发育有蛇绿岩,并与同期沉积的红色硅质岩、泥岩、碎屑岩和台地相浅海灰岩混杂一起,经后期火山作用,形成含矿地层。泥盆纪,中天山火山岛弧区与塔里木地块对接,红柳河弧后拉张盆地闭合形成造山带,在挤压造山后期出现引张,形成二叠系红柳河磨拉石建造。随着盆地最后封闭,两大构造单元对接,盆地构造变形十分强烈,最终发育一系列由南往北的逆掩-推覆构造,即塔里木古大陆台地相震旦系和寒武系以向北西倒转的形式推覆到二叠系磨拉石建造之上,二叠系地层也因此形成舒缓的褶皱。

红柳河-马莲井成矿带金矿分布较广,现已发现金矿床(点)6处,主要有210金矿、金窝子、小草湖、照壁山等金矿床。其中210金矿是区内典型的与炭质地层层间滑动有关的变质热液金矿床,被称为"210式金矿床",其规模已达到中型。金窝子金矿属热液石英脉金矿床,规模为小型。小草湖、照壁山等属金矿点。

3.1.3 柳园-天仓成矿带

该带成矿作用发育,矿化强烈,矿产以金、铅锌、铜为主,已发现中型金矿床2处,金矿床(点)共计50余处,辉铜山等铜矿床和花牛山中型铅锌矿床等。成矿与华力西中晚期花岗岩浆侵入及火山作用有关。成矿有明显的成带、等间距和集中性。

该成矿带的构造特征表现为四层结构特点,即前长城系结晶基底构造层,中、晚元古代和早古生代早期地台盖层构造层,早古生代早期和古生代多旋回裂谷构造层及中、新生代块断构造层等四个构造层,它突出地反映了地壳反复"裂变"与"聚合"的发展演化规律。基底构造层以发育多期活动的韧性、韧-脆性剪切带构造为特征;地台盖层和裂谷构造以深大断裂及其分枝、配套断裂系统为特征;中新生代断块构造层以北东向左旋扭动断裂为特征。此带最突出的特点是有大量辉绿岩脉密集产出的地段往往是金矿成矿的有利找矿靶区。

3.2 成矿规律

(1)北山—天山结合部从古元古代至新生代的地层均有矿化赋存,但主要集中在前震旦系(主要为长城系和青白口系)、中奥陶统、上志留统、石碳系和下二叠统,其中以上古生界赋存的矿产最多。铜矿主要产于元古宙和早古生代的地层中;金、铅锌主要产于古生代的地层中。地层的岩石建造控制着赋存矿产的矿化类型。在元古宙的变质或浅变质岩系中,主要赋存多期、多阶段、复合成因的金矿;石碳纪、晚志留世地层中的火山岩建造,则分别控制着火山喷发沉积热液型金矿和海底火山喷发-沉积的块状硫化物铜矿体等;中元古代、中泥盆世、中奥陶世形成的碳酸岩建造,则控制着碳酸岩型铅锌矿和矽卡岩型铜、锌镍矿等。

(2)钙碱性系列同熔型花岗闪长岩-二长花岗岩,控制着与之有关的矽卡岩型铜、铅锌矿化、斑岩型铜矿化、花岗岩期后热液型金、铜、铅锌矿化等;早古生代志留纪的一套中

－基性或中酸性火山熔岩火山碎屑岩建造，控制着火山热液型铜矿化；晚古生代志留纪的一套火山－碎屑岩建造控制着火山热液型金、铜、铅、锌矿化；石碳纪控制着与火山岩有关的多类型金、铜、铅、锌矿化以及火山岩铜铁建造型铜矿化。

(3)两个Ⅰ级或Ⅱ级大地构造单元的交接部位是寻找大型、超大型矿床的有利部位；Ⅲ级构造单元控制着成矿区带的分布，其中在地质构造较强的单元中主要控制着与构造－岩浆活动有关的金、铜、铅锌矿产，在地质构造较弱的单元中主要控制着以沉积型为主要特征的铅锌、铜矿化；古陆边缘也是成矿的有利部位；深大断裂、大型韧性剪切带宏观上控制着矿床(点)的分布，次级断裂及其破碎带是导矿、容矿的有利场所。

3.3 找矿方向

根据上述成矿的大地构造背景及成矿规律，结合我们的野外实地考察，确定主攻矿床类型及区域如下：

3.3.1 *主攻矿床类型*

(1)黑色岩系矿床。

系指赋存于高有机碳(一般>0.5%)含量的浅变质碎屑岩系中的层控矿床。碎屑岩系中常含碳酸岩、硅岩和火山岩，但以砂、板岩为主。该类矿床以临近的乌兹别克斯坦穆龙套金矿带(4500 吨金储量)、吉尔吉斯斯坦库姆多尔金矿带(715 吨金储量)及我国的西南天山萨瓦亚尔顿金矿带为代表，工作区内的 210 金矿也为该类金矿。矿床主要产于志留系及石炭系中，除含高量的碳外，另一大特征为含高量的铂。

(2)斑岩型矿床。

斑岩型是铜矿的主要类型。工作区的斑岩型铜矿比较发育，主要有辉铜山、公婆泉等铜矿，另外，西邻工作区的土屋－延东一带近几年在斑岩型铜矿地质找矿方面取得重大突破，已探求铜金属量 703 万吨，有望超过 1000 万吨。

(3)火山－次火山岩型矿床。

该类型金矿在工作区已显示了良好的找矿前景，目前已找到的马庄山、新金厂等金矿成矿主要与海西期石英斑岩、花岗斑岩及隐爆角砾岩筒有关。

(4)与富碱侵入体有关的矿床。

与富碱侵入体有关的矿床是最近几年才重视的矿床类型，但其重要性不容忽视。笔者通过去年的野外工作已注意到拾金坡－东小泉成矿带中的岩体破碎带含有大斑状钾长石是断裂破碎带含矿好的标志。另外据涂光炽(1999)，在蒙古国南部紧邻我国边境的穆苏盖－忽度克杂岩体含较多碳酸岩脉，其中有高品位稀土矿化，均值得重视。

(5)韧性剪切带型矿床。

工作区的韧性剪切带型矿床以白墩子、小西弓金矿为代表，应引起足够的重视。甘肃省国土资源厅研究所及北京大学在工作区已厘定了 8 条韧性剪切带(图 3)，需对其进行含矿性调查。

(6)矽卡岩型矿床。

这种矿床在该区是铅锌矿床的主要类型，代表性矿床为花牛山铅锌矿床，已达到中型规模。最近在花牛山铅锌矿床的外围又发现了花东滩铅锌金矿(点)，值得对该种类型矿床的进一步注意。

(7)其它类型。

如海底喷流型矿床、热水沉积型矿床,这两种矿床一旦形成,其规模将十分可观,对其应予以十分的注意。由于南金山金矿产于下石炭统白山组海相火山喷发沉积岩中,受第四岩性段变凝灰质火山碎屑岩的控制,金矿体产出于宽达40～50m的次生石英岩中,笔者初步认为该石英岩为海底喷流形成的,后期经过热液改造,使金等成矿元素进一步富集形成南金山金矿。

3.3.2 主攻区域

(1)图兹雷克－沙泉子潜在成矿远景区:该远景区北以沙泉子断裂为界,南以红柳河断裂为界,工作程度低。值得重视的矿床类型为黑色岩系矿床、斑岩型矿床及火山－次火山岩型矿床。

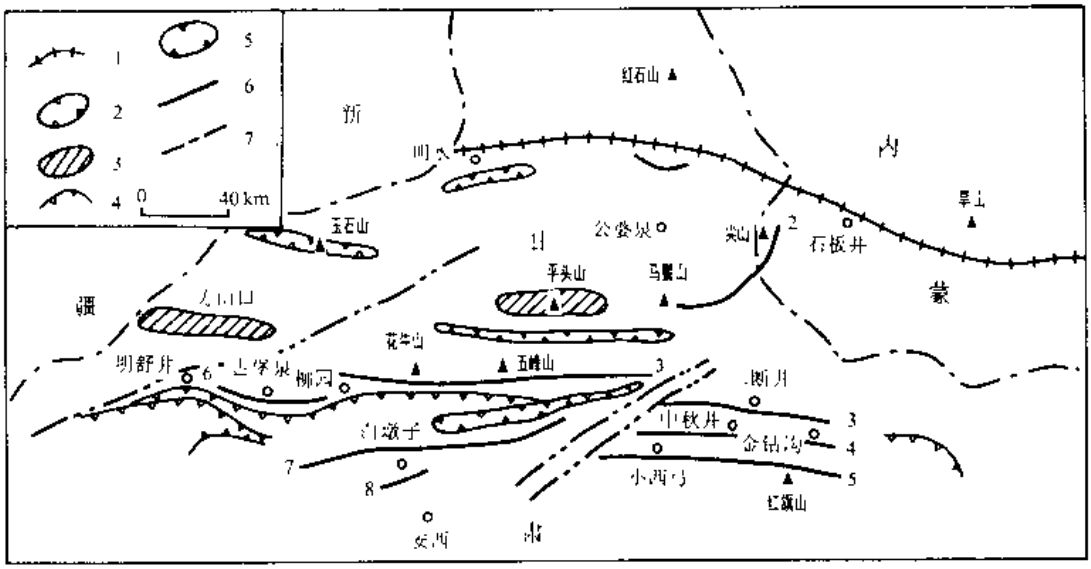


图3 北山地区韧性剪切带及推覆构造分布简图(据左国朝等,1992)

1－塔里木板块(南)与早山微大陆(北)之间缝合带;2－北推覆构造带飞来峰;3－北推覆构造带根带;4－南推覆构造带叠瓦岩片;5－南推覆构造带飞来峰;6－韧性剪切带;7－喜山期断裂带

(2)白墩子－小西弓成矿远景区:值得重视的矿床类型为韧性剪切带型金矿床。

(3)马庄山－南金山成矿远景区:值得重视的矿床类型为火山－次火山岩型、斑岩型矿床及海底喷流型矿床、热水沉积型矿床。

(4)觉洛塔格－黑鹰山潜在成矿远景区:该远景区北以康古尔断裂为界,南以沙泉子断裂为界,值得重视的矿床类型为黑色岩系矿床、火山－次火山岩型矿床、与富碱侵入体有关的矿床及块状硫化物型矿床。

致谢:本文是作者在承担中国地质调查局"新疆哈密雅满苏－小西弓地区以金为主的矿产资源综合评价"项目工作中的一点体会。文中采用并借鉴了汤中立、何国琦、左国朝等前辈的最新研究成果,在此表示衷心的感谢!

参考文献

车自成等,中天山造山带的形成与演化,北京:地质出版社,1－341,1994。

高长林等，天山微板块与塔北盆地，北京：地质出版社，1995。
胡霭琴等，新疆北部地质演化及成岩成矿规律，北京：地质出版社，1997。
靳金生等，东天山康古尔塔格金矿带地质与找矿，北京：地质出版社，1994。
马瑞士等，东天山构造演化与成矿，北京：地质出版社，1997。
涂光炽，初议中亚成矿域，地质科学，34(4)：397～404，1999。
左国朝等，北山地区早古生代板块构造特征，地质科学，25(4)：305～314，1990。
周国庆，古塔里木大陆东北缘加里东期蛇绿岩套的发现及其构造意义，南京大学学报，24(1)，1998。
汤中立等，亚欧大陆桥北山 — 天山接合部构造格局，甘肃地质学报，第6卷增刊：13～20，1997。

西藏班公湖－怒江成矿带中段中酸性侵入岩特征、成因及与金矿成矿的关系

刘桂阁　卫万顺　路彦明　范俊杰　潘爱军

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　班公湖－怒江成矿带中段中酸性侵入岩，燕山早期聂荣－安多岩带和燕山晚期虾别错－班戈岩带地球化学表明多具有Ⅰ型和S型和过渡型花岗岩的特征．燕山晚期虾别错－班戈岩带为一个形成多金属矿的有利区；喜马拉雅期文布－申扎岩带是形成砂金和与火山岩有关的夏刘型岩金矿的有利地区。

关键词　班公湖－怒江成矿带　中酸性侵入岩　特征　金成矿

班公湖－怒江成矿带中段中酸性侵入岩十分发育，分布广，规模大，侵入时期多为燕山期至喜山期花岗岩。侵入时代从北向南变新，在空间上呈带状分布（如图1）。燕山早期至喜山期花岗岩，可分为以下几个岩带：燕山早期聂荣－安多岩带；燕山晚期虾别错班戈岩带；喜马拉雅期帮多－申扎岩带。

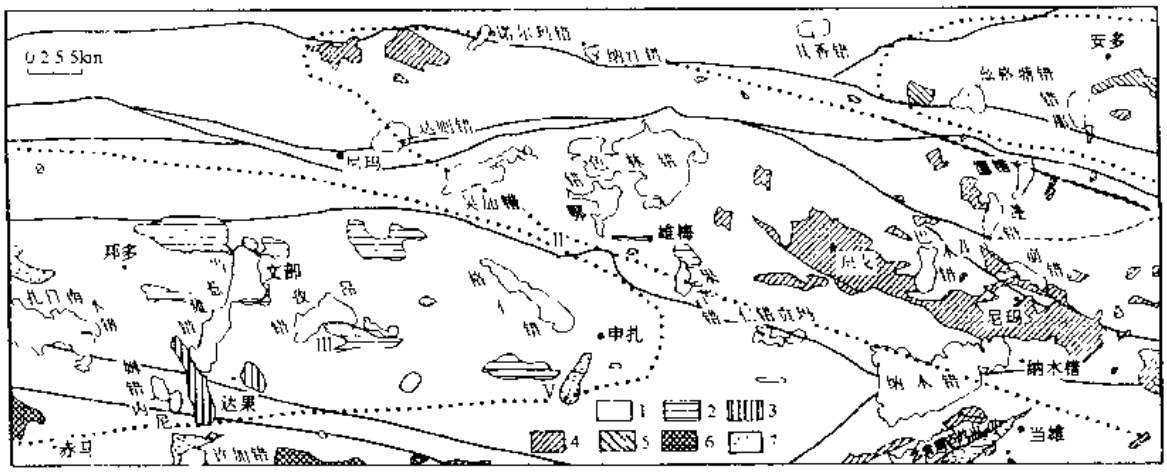


图1　西藏班公湖－怒江成矿带中段中酸性岩分布略图

1－喜马拉雅晚期；2　喜马拉雅期；3－喜马拉雅早期；4　燕山晚期；5－燕山早期；6－燕山晚期－喜马拉雅期；7－岩浆岩带

作者简介：刘桂阁，男，1971年生，工程师，现主要从事黄金地质研究工作

1 岩体分布规律

1.1 燕山早期聂荣－安多岩带

该岩带主要沿班公湖－怒江蛇绿岩带方向分布，在其以北呈带状分布在兹格塘错、安多、聂荣一带。出露的岩体有：兹格塘错、马登、扎仁、聂荣－安多岩体。以聂荣－安多岩体出露的面积最大，面积达1922km^2，呈不规则的岩基，侵入二叠系阿木岗群及上三叠系巴贡群中，同时被上白垩统竟柱山组和下第三系牛堡组不整合覆盖。同位素年龄146～182Ma；兹格塘错岩体以岩基的形式出露，面积100多km^2，为花岗岩，侵入于二叠系阿木岗群和侏罗系木嘎日群，被第三系的牛堡组不整合覆盖；马登岩体：侵入于侏罗系色哇组，被第三系的牛堡组不整合覆盖；扎仁岩体：出露面积较小，位于安多南部，侵入于二叠系阿木岗群。在该岩带，被侵入的围岩一般都遭受接触变质作用，发生硅化、大理岩化、夕卡岩化、角岩化等等。在其边部形成几于米至几百米的接触变质带，常常形成夕卡岩、角岩和大理岩等。

1.2 燕山晚期虾别错－班戈岩带

该岩带主要沿班公湖－怒江缝合带方向，在其中段南部分布在虾别错－班戈－桑雄一带，呈北西向带状展布。出露的岩体主要有虾别错、虾别错东、木嘎岗日、熊彩岗日、崩错、班戈、青龙、赛龙、桑雄等岩体。其中班戈岩体出露面积最大，达3035 km^2，是一个长条状不规则的复式岩基。其侵入中、上侏罗系拉贡塘组中，被第三系牛堡组不整合覆盖，年龄110.1～145Ma；虾别错岩体：呈岩基产出，出露面积168 km^2，沿木嘎岗日复背斜核部侵入中、下侏罗系木嘎岗日群中，年龄120～129.8Ma。岩石多发生硅化、大理岩化、角岩化、矽卡岩化等，多形成角岩、大理岩、矽卡岩等。

1.3 喜马拉雅期文部－申扎岩带

该岩带分布于冈底斯山脉的北部地区，在帮多－文部－申扎方向呈北西西向带状展布。出露岩体有：磁石、帮多、那朗、文部、秋措麦、隆玛日、达果昂孜错、岗隆、申亚、崩那藏布、甲岗、雄梅、果忙错岩体。其多数为小的岩株，多为一次侵入体，它们侵入上古生界和中生界，最高侵位到白垩系－第三系林子宗群，上第三系的乌郁群。已有的年龄在30.5～59.8Ma之间。多发生矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化和绢云母化等。

2 地球化学特征及成因

2.1 燕山早期聂荣－安多岩带

该岩带，岩石类型有似斑状黑云母花岗岩、角闪花岗岩、石英闪长玢岩、少量闪长岩、石英闪长岩。各类岩石中二氧化硅含量变化不大，介于53.8%～74.94%之间，富钠或富钾型，铁、镁、钙或贫或富，铝不饱合至过饱合。部分样品中出现标准矿物刚玉分子(1.8%

~2.12%)、透辉石分子,$Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Fe^{2+})$比值0.21~0.51,微量元素富含Sn。黑云母花岗岩的锶初始比值$^{87}Sr/^{86}Sr=0.7224$,花岗闪长岩为0.7247。$\delta^{18}O=11.906$,稀土总量变化较大,$\Sigma REE4=225\sim347.7\times10^{-6}$,平均为$264.83\times10^{-6}$,高于上部地壳平均值$210.27\times10^{-6}$,稀土配分式样为右倾,负铕异常的V型曲线中等至明显(图2)

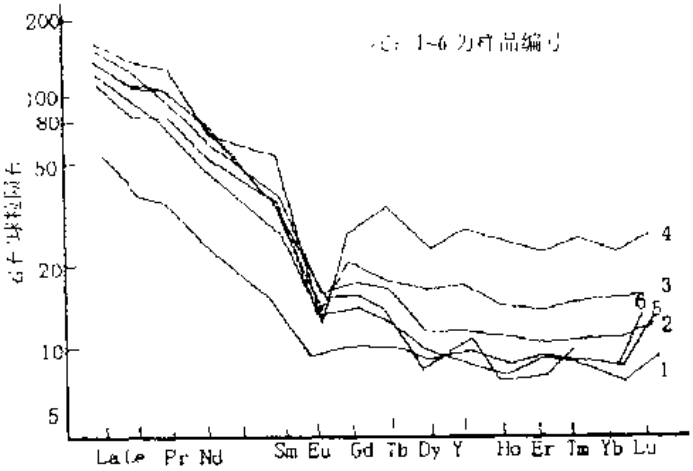


图2 聂荣—安多岩体黑云母花岗稀土元素分配式样

δEu=0.27~0.61之间,高的$^{87}Sr/^{86}Sr$初始值和高的$\delta^{18}O$值(刘振声等对青藏高原花岗岩研究后,提出将$^{87}Sr/^{86}Sr$初始值和$\delta^{18}O$值分别定在0.7080和10.6×10^{-3}作为同熔型和陆壳改造型花岗岩的分界值)。又反映出其物质主要来自大陆地壳,属陆壳改造型花岗岩。(见图3),上述特征表明该岩带岩体多以过渡型为主,同时多具有I型和S型花岗岩的特征。从而它的形成环境比较复杂,在该岩带多缺乏花岗岩同期的火山岩,这种单一的岩浆活动以及S型花岗岩广泛分布,在空间和时间上都反映了沿金沙浆缝合带碰撞山活动对本区的影响。和受到班公湖-怒江海盆地的消减和封闭作用的叠加影响。

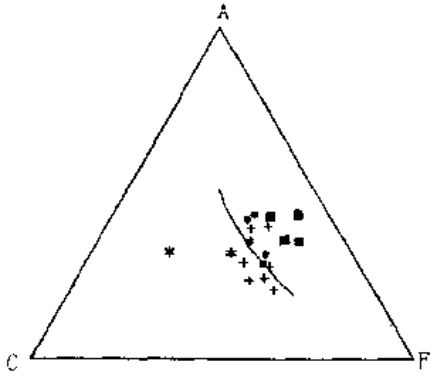


图3 ACF图

+聂荣-安多 *虾别错 ·班戈 ■那湖

2.2 燕山晚期虾别错-班戈岩带

该岩带,由大岩基和小岩株共同组成,同期火山岩较少,以偏酸性花岗岩为主,偏基性的岩类次之,SiO_2含量介于61.3%~76.26%之间,均值为70.82%。Na_2O/K_2O比值介于0.48~1.46之间,均值0.88,多数属富钾型,铝不饱合至过饱合,标准矿物刚玉分子大于0.5×10^{-3},微量

元素 Sn、B、Li 较高，稀土总量介于 106.25～390.39 之间，配分式样为右倾平坦型或中等负铕异常曲线（图 4），$^{87}Sr/^{86}=0.7070～0.7079$，成因类型复杂，有 I、S 型和过渡型（图 3）。

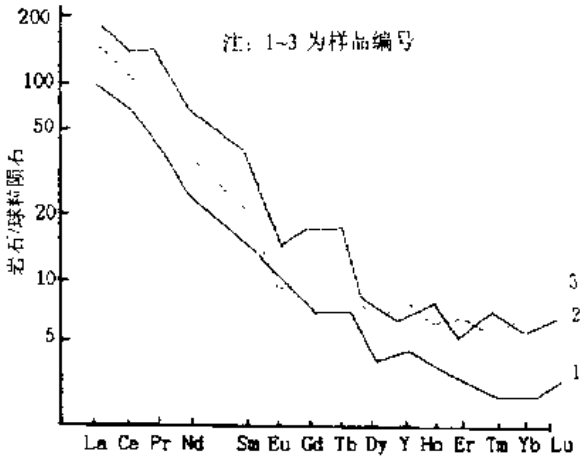


图 4　班戈岩体黑云母花岗稀土元素分配式样

如本岩带的班戈岩体就是由一些复杂深成杂岩体组成的花岗岩岩基，由班戈序列和期波下日序列组成。其中班戈序列具有中等偏高的 SiO_2，其变化范围 66.10%～73.36%，碱指数（AR）较低，变化范围是 AR1.81～2.73，属钙碱系列，铝不饱合至过饱合，中等至较高的分异指数（DI）。其变化范围 67.7～88.3，表明岩浆演化尚未达到强结晶分异的程度，这些特征基本符合徐克勤教授等（1982）提出的同溶型花岗岩岩石化学形成判别指标。同时在黑云母化学成分中，富镁（Mg 6.72%～14.91%平均 9.28%）贫铁（Fe 13.0%～18.9%，平均 16.49%）。具较高的 $Mg/Mg+Fe^{3+}+Fe^{2+}$ 值，（0.38～0.60）。稀土元素有铕弱亏损，重稀土相对富集，$^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.7065～0.7079，$\delta^{18}O$ 为 7.31～9.82。根据上述的特征都证明了班戈序列主体属强陆壳混杂的同熔型花岗岩。

期波下日序列富硅，其变化范围 SiO_2 为 73.39%～77.3%，碱性系数（AR 变化范围 3.08～5.19），且具低 Na_2O/K_2O 比值，铝过饱合及强结晶分异（DI 变化范围 87.05～96.09）。同时黑云母化学成分中富铁（FeO 为 17.61%～25.72%，平均 23.13%），贫镁（MgO 为 0.90%～7.24%，平均 4.2%），$Mg/Mg+Fe^{3+}+Fe^{2+}$ 值较低（平均 0.22）。稀土元素具右斜至水平无明显铕异常的配分模式；δEu0.02～0.23，重稀土相对富集，稀土总量较高，尤其是钇含量很高，表明岩浆作用晚期经历了元素富集的过程。高 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值，高的 $\delta^{18}O$ 值等，上述的特征均与陆壳改造型花岗岩的判别指标吻合。说明了该序列属陆壳改造型花岗岩。

从班戈岩体的这些特征也看出本岩带的形成环境的复杂性和岩带形成多次侵入性。它们的形成是班－怒盆地的收缩和封闭以及雅鲁藏布江代表的新特提斯海洋壳的形成和向北俯冲作用是有极大关系的。

2.3　喜马拉雅期文布－申扎岩带

岩体多为岩株，有火山岩产出（整个岩体数据少仅以那郎岩体为例）。SiO_2 变化不大，含量在 67.86%～72.8%，平均值为 70.4%，接近 中国花岗岩平均值 70%，碱含量高 $K_2O>Na_2O$，高钾，K_2O/Na_2O 在 1.28～17.79 之间，贫镁钙，DI 在 80.93～91.74 间，1.01～1.21，多为铝过饱

合，具有S型花岗岩的特点，δEu变化0.30~0.59，稀土含量总量变化大，稀土总量84~205.28，轻度负铕异常，V型右倾，重稀土平缓变化不太大(图5)，Eu/Sm比值多为0.16~0.17

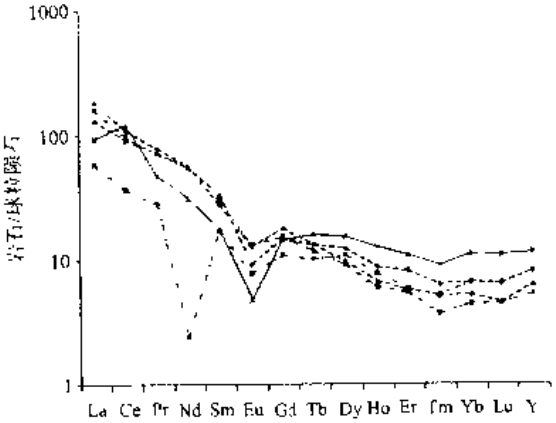


图5 那朗岩体黑云母花岗岩稀土元素分配式样

综上特点，该岩带主要分布在冈底斯山脉以北，岩带的走向近于岗底斯山脉，岩带走向受挤压冲断层控制，岩石类型发育片麻构造，并与强烈的混合岩化作用伴生，岩石化学成分，高铝、高钾显示了S型花岗岩的特点和上地壳的成因，从时间来说，发生在喜马拉雅和雅鲁藏布地区新特提斯海封闭导致印度和欧亚大陆碰撞的造山过程，是大陆碰撞陆内汇聚所引起的深成作用产物。

3 与金矿的关系

岩浆岩岩体的含矿性及成矿的可能性。构造因素、围岩蚀变及岩体的本身的因素都起着巨大的作用。研究区独特的大地构造位置和区域的断裂构造的发育，及次生构造的发育，围岩蚀变的发育都为金矿成矿创造有利的条件。研究区内岩体和金矿的关系密切。

3.1 燕山早期聂荣－安多岩体

在其边部就有安多、卡秋卡等砂金矿分布。燕山晚期虾别错－班戈岩带，在有众多的砂金分布的同时，更有多个岩金矿化点。①如在谷露一带在班戈岩体的边部，侏罗系拉贡塘组灰页岩中的石英破碎带，矿化较好，样品Au品位在1×10^{-6}左右。含Au、Cu、Pb、Zn等多种矿化；②优卡金矿化：产于桑巴岩体，是石英脉型和破碎带型金矿化，金品位可达12×10^{-6}，为多金属矿化；③拉乌铜矿：则是典型的矽卡岩型矿化。

从1:50万化探中，可以看到在该岩带中多金属异常多沿本岩带的展布方向分布。特别是在罗钦拉岩体中反应更是明显，异常沿岩体周围都有分布。在本岩带化探也表明了本区有高的背景值。又由于该岩带的构造环境的特殊性和侵入的多期次性以及强的蚀变作用，使得本岩带为一个寻找多金属矿的有利找矿区。

3.2 喜山期文部－申扎岩带

砂金和岩体的分布关系也是十分的密切，崩那藏布砂金矿和那朗沟砂金矿都和喜山期的岩体有密切的关系，特别是在那朗沟金矿产出的那朗岩体，在该岩体的四周水系都可见金的异常，有十几条含金较好的水系。同时在该岩体和围岩的接触带附近岩体和围岩都有强的硅化、绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、黄铁矿化等，金的品位可达 335×10^{-9}，一般也可达 $(8\sim12)\times10^{-9}$ 以上，在本岩带岩体侵入多伴有同期的火山岩发育，特别是崩那藏布与菱刈极其相似（表1）。以上这些充分说明了本岩带是寻找砂金和与火山岩有关的岩金矿的有利地区。

表1 崩那藏布与菱刈地质特征对比表

	菱 刈	崩那藏布
生成环境	陆相喷发	陆相喷发
基底岩性	页岩、砂岩	粉砂岩、灰岩
盖层岩性	中酸性火山岩及火山碎屑岩	中酸性火山岩及火山碎屑岩
矿化与蚀变	黄铁矿化、褐铁矿化、硅化、蒙脱石化、绿泥石化等	黄铁矿化、褐铁矿化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化、钠长石化、绿帘石化、绢云母化等
石英脉	发育	发育
断 裂	纵横交错、极其发育、北西向断裂是主要控矿构造	纵横交错、极其发育、北西向断裂是主要控矿构造

4 结束语

（1）燕山晚期虾别错－班戈岩带具有形成环境的复杂性和岩体形成多次侵入性。它们的形成是班－怒盆地的收缩和封闭以及雅鲁藏布江代表的新特提斯海洋壳的形成和向北俯冲作用是有极大关系的。

（2）喜马拉雅期文布－申扎岩带是发生在喜马拉雅和雅鲁藏布地区新特提斯海封闭导致印度和欧亚大陆碰撞的造山过程，是大陆碰撞陆内汇聚所引起的深成作用产物。

（3）燕山晚期虾别错－班戈岩带带为一个寻找多金属矿的有利找矿区。

（4）喜马拉雅期文布－申扎岩带是寻找砂金和与火山岩有关的菱刈型岩金矿的有利地区。

参考文献

陈昌伦等，藏北班戈－桑巴中酸性侵入岩带的岩石特征与含矿性，西藏地质，1992，第1期。
李金高，西藏崩纳藏布岛弧火山杂岩的含金特点及找矿意义，西藏地质，1992，第1期。
王洁民等，西藏班戈花岗岩成因、构造环境及其含锡性，地质论评，1994，Vol.40 No.2。
邢文臣等，西藏花岗岩体含矿性的判别，火山地质与矿床，1998，Vol.19 No.3。
西藏自治区地质矿产局，西藏自治区区域地质志，北京：地质出版社，1993。
赵咸明，西藏申扎－那曲地区金地球化学特征及其找矿意义，西藏地质，1994，第2期。

西藏班公湖－怒江成矿带中段区域地质构造特征

范俊杰　路彦明　刘桂阁
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　根据野外实地考察，遥感地质解译和前人的资料表明，工作区内的断裂构造以东西向为主，次为北东向，北西向；褶皱构造以背斜为主，向斜为辅。是晚三叠开始一直持续到晚白垩时期的一系列地质活动所形成的。

关键词　成矿带　构造特征　西藏

1　区域构造

工作区位于西藏高原冈底斯－念青唐古拉陆块北缘，平均海拔4800m以上。如图1，工作区大地构造位置图。

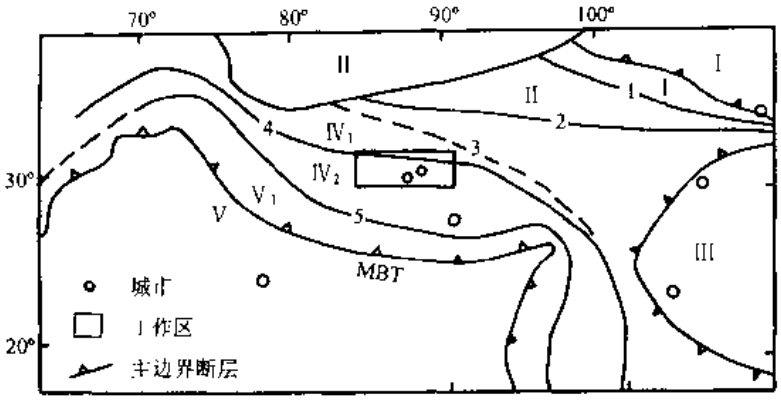


图1　工作区大地构造位置图

Ⅰ－中朝板块；Ⅱ－柴达木－塔里木板块；Ⅲ　扬子－巴颜喀拉板块；$Ⅳ_1$－羌塘板块；$Ⅳ_2$－拉萨地体；Ⅴ－印度板块；BMT　主边界断裂；1－北祁连缝合线；2－东昆仑缝合线；3－察布·澜沧江缝合线；4－班公湖－怒江缝合线；5－雅鲁藏布江缝合线

北以班公湖－怒江缝合带为界，与羌塘地体相接；南以雅鲁藏布江缝合带为界，与印度板块相接。地质活动比较频繁，构造比较复杂。工作区所属的拉萨地体是由于早期的印度板块由南向北的俯冲，与中朝板块的挤压碰撞，在三叠世前后（高延林等，1988年）从冈瓦纳大陆分离出来，并在中生代中晚期与羌塘地体的拼接而形成现在所谓的藏北陆块。

主要作者简介：范俊杰，男1976年生，助理工程师，现从事黄金地质研究工作。

工作区所处的位置为该运动的弧后区，即所谓的弧后盆地。在工作区广泛沉积了中生代侏罗纪浅海相、海陆交互相的碳酸盐岩、陆源碎屑岩和白垩纪火山岩及其间夹的海相地层。而古生界地层仅局部出露，如安多附近。另外，出露于申扎地区的早中生代地层的生物地层面貌与喜马拉雅地区相似(西藏区域地质志，1993 年)，这足以证明位于弧后盆地的工作区是由冈瓦纳大陆分离出来的。

工作区内的地质演化历史由于主要受到南北向的挤压力及东西向的拉伸作用，其总体构造特征是东西向的或近东西向的构造，局部出现南北向的构造，主要分部在工作区的东部，西部也有少量分布，遥感解译显示西部也有近南北向的次级断裂构造。另外褶皱构造在工作区也有少量分布。

2 断裂构造特征

2.1 东西向断裂构造

东西向断裂构造或近东西向、北东－南西向的断裂构造，在工作区占据着主导地位，控制着全区的构造格局。其总体表现为东西向。在工作区内其大致划分为三组构造断裂带。其一为班公湖－怒江断裂缝合带；其二为中部的格仁错－纳木错构造断裂带；其三为南部的扎日南木错－纳木错断裂带。

2.1.1 班公湖－怒江断裂缝合带

在工作区内呈近东西向展布，是由多条断裂所组成：

(1)来多强玛－多玛断裂　是班公湖－康错－兹格塘错深大断裂在工作区中的一部分。在那曲、安多附近，由于受到中朝板块及扬子板块作用的影响而向南有所弯曲成近 NW－SE 向，延伸出图区。该断裂全长 500 多 km，宽近 30～60km，该断裂向北倾斜，倾角大于 40°，利用 K－Ar 年龄(邹光富等，1996 年)法可知，其构造运动发生在侏罗纪的中晚期，缝合带闭合于晚白垩纪早期(K_1－K_2)，经历了晚三叠纪－侏罗纪洋盆的形成与扩张，晚侏罗纪洋壳俯冲和岛弧的形成，早白垩纪－晚白垩纪早期弧－陆碰撞汇聚和喜马拉雅期断陷盆地的形成、逆冲推覆构造发育的复杂演化过程(邹光富等，1996 年)。沿构造带广泛出露有蛇绿岩，如东巧一带，并有典型的复理石、类复理石伴生，且有浅海相的碎屑覆盖于蛇绿岩之上。

(2)哦居多玛－崩则断裂　是日土－改则－丁青深大断裂在工作区内的一部分。为班公湖－怒江深大断裂缝合带的南缘，总体走向为东西向，断面北倾，倾角在 10°－30°之间，沿其断裂带内，玄武岩多呈构造残片夹杂在侏罗纪轻微变质的地层中，并在该断裂的东端－东巧一带发现有大量的蛇绿岩体和逆冲推覆体(张林等，1999 年)，该断裂活动同样始于侏罗纪晚期。

(3)当穹多－崩则断裂　为噶尔－吉昌－吴如错断裂东段在工作区内的一部分。位于色林错的西部，总体走向为 EW 向或近 EW 向，长约 80km，向北倾斜，倾角在 10°－25°之间。从中仓进入区内，至崩则附近结束，与哦多玛－崩则断裂相交。在工作区内近弧形展布，为晚白垩时期受板块挤压应力派生的剪切力作用，产生的不对称扇形、高角度逆冲断层系统。

(4)梁扎冬勒－崩错断裂　是崩错－边坝－怒江断裂的西端在工作区内的一部分，总体走向为 NW－SE 向，向北东倾斜，长约 150km，向东南一直延伸到区外，它显示了强烈的挤压冲断特征，部分超镁铁岩体已逆冲在断裂南侧附近的 J－K 地层之上。

2.1.2　格仁错－纳木错断裂构造带

位于工作区的中部，总体上呈近东西向展布，在工作区内呈 NW－SE 向展布，长约 400 多 km，宽约 30～50 km，由多条断裂所组成：

(1)果忙错－纳木错断裂　是革吉－果忙错断裂东端在工作区内的一部分，向北倾斜。长约 400 km，宽约 20～60 km，从磁石附近进入工作区，至吉瓦向西南弯曲成 NW 向，向东延伸至纳木错处被迁灭。该断裂发育在白垩纪退化弧构造带的南缘，代表早期裙弧连缘海最南缘的一个洋壳逆冲部位，在果忙错附近，其展示一明显的逆冲构造混杂造带，带内除蛇绿岩片及侏罗世(J)、白垩世(K)地层之外，尚有少量的古生界地层的断块产出，部分断块下部出现与早期陆壳沉积层滑脱有关的"基底"变质杂岩。另外在纳木错以西的侏罗世(J)、白垩世(K)地层中，零星分布的蛇绿岩体可能是和该断裂有关的大型逆推岩席的残片。

(2)格仁错断裂　西起吉瓦，切割于果忙错－纳木错断裂，南至格仁错以南，结束于新吉附近。沿格仁错呈 NW 向约 310°展布，长约 150 km，宽约 5～11km，由线性断陷带和单斜式隆起带组成，沿断陷带有大小不同的湖泊分布湖泊的长轴方向与断裂带一致。从 NW 向 SE 依次有戈芒错、攻桂错、格仁错等。断裂受南北向挤压作用普遍具有右旋走滑性质，张剪性(高延林等，1988 年)，是现今正在活动的新生代构造。

(3)措勒－彭惹断裂　该断裂西自措勒工作区，进入区内衙断续出露，横穿当惹雍错，然后被第四纪、晚白垩及始新纪地层所覆盖，到彭惹附近再次出露于地表，向东一直延伸他尔玛，然后向南弯曲，延伸出工作区，在工作区内其总体走向为近东西向，断面向北倾斜，尚该断裂有一系列的岩体出露。

2.1.3　扎日南木错－纳木错断裂带

位于工作区的南部，该断裂为工作区弧后盆地的前缘，在工作区呈断续出露。弧形近东西向展布，长约 300km，宽约 30～50km，向北倾斜。以大规模的蛇绿岩和混杂体中化石，变质矿物的年龄以及周围岩石的接触关系看，该构造发生在晚白垩世－始新世，板块俯冲可持续到中新世(西藏区域地质志，1993 年)。沿该断裂构造带在整个区域上分布有一条明显的磨拉石带，有一次大规模的造山运动，根据(K－Ar)年龄鉴定为 81Ma(夏邦栋等，1999 年)，始于晚白垩世中晚期，这次运动时间滞后于地体缝合作用 10～20Ma。

2.2　南北向断裂构造

从实地考察来看，工作区内南北向构造主要分布在其东部区，称之为错那－巴木错断裂构造带，其走向为 NE 向 30°～40°之间，为一组具有左旋位移的正断层，代表着 SN 向挤款作用的产物，是一组具有活动性质的断层。在工作区内其长约 100km，宽约 10～20km，形成时间大致是第四纪，其运动开始于大约 2.0±0.5Ma(Armijo 等，1988 年)，在 1:50 万地形图及 1:50 万 TM 遥感影像图上，其主要表现为控制蓬错、懂错等一系列湖泊的断陷区，该湖群沿着断裂带呈线性分布。另外，从 1:50 万 TM 遥感解译图像上可以看出，在当惹雍错、昂孜错附近有一组密集的南北向构造带有 6～8 条之多，构造带走向 NE10°～

15°，长约 150～250km，宽 40～60km，向南向北延出工作区，其中段构造密度较大，南北两端较低。沿该构造带发育有一系列断陷盆地，如：许如错、当惹雍错、当穹错等。

3 褶皱构造特征

在晚白垩世中晚期，新特提斯的南向俯冲，使得冈底斯－念青唐古拉陆块发生褶皱变形，在工作区内主要位于工作区的中部、当惹雍错附近，称之为当惹雍错褶皱构造群。其总体轴向为东西向或近东西向，其褶皱类型以背斜为主，有少量向斜。另外在工作区的东部也有少量的褶皱：

①阿索向斜　位于当惹雍错西北部阿索附近，其总体轴向为近东西向，长约 145km，其两翼地层以白垩纪郎山组为主，核部地层较新，两翼地层较老。在工作区内其发育约 60km，向西延出区外。

②中仓背斜　位于中仓东部约 40km 外，其轴向为近东西向，规模相对较小，长约 75km，其两翼地层以白垩纪郎山组为主，并伴有少量晚侏罗－早白垩纪的曲松波群。其核部地层较老，两翼地层较新。

③申亚背斜　位于当惹雍错附近，其轴向为近东西向，轴长约 88km，燕山期有花岗岩（γ_5）侵入，地层相对较老。

④多巴向斜　位于班戈县城西部多巴附近。其轴向为 NW－SE 向，北偏西约 65°，长约 58km，规模相对较小，其核部以侏罗－白垩地层为主，两翼地层较老。

另外，在申亚及多巴向斜的南部伴随有 2～3 条向斜，规模较小，在此就不作介绍了。

4 构造演化与成矿

矿床的成矿类型受地壳演化不同阶段的构造作用的制约，不同的构造演化阶段形成不同的矿床成矿类型。

在地体与大陆边缘或地体与地体间碰撞拼贴发生造山作用过程中，通常伴有广泛的地壳变形、变质混合岩化、岩浆活动。断裂构造为成矿物质的迁移、聚集提供了良好的通道、空间、封闭条件。区内已知矿床通常是沿深大断裂或次级断裂带分布，如东巧铬铁矿床。当地体碰撞挤压强烈，波及范围较大时，矿化可远离碰撞带而在地体内部分部，如那朗沟砂金矿就是。一般情况下，成矿时代与地体碰撞拼贴造山作用同时或稍后；矿化强度受构造地体的岩层类型、物质组成以及边界断裂的性质等因素所控制（廖宗廷，1993）。

地体碰撞造山之后，随着挤应力的逐步消失，地体和前陆都可能因地壳粘性蠕散拉张而形成坳陷型沉积盆地。这些坳陷盆地往往有利于金属成矿物质和有机物保存。因此是理想的成矿盆地和油汽盆地，如工作区东部当雄－羊八井著明的断陷盆地之一，蕴含有丰富的地热资源及油汽资源。

参考文献

郭颖，李智陵，《构造地质学简明教程》，中国地质大学出版社，1995 年。

韩同林等，《西藏活动构造》，地质出版社，1987 年。

何允中，《西藏活动构造带基本特征》，西藏地质，1991 年 1 期总 5 期。

刘增乾，叶庆同等，《三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律》，地质出版社，1993 年

罗镇宽，苗来成，关康，陈荦，《中国大地构造演化与金矿成矿作用》，地质矿论丛书，第 13 卷，第 3 期，1998 年 9 月。

马天林，《青藏高原南北向构造》，西藏地质，1985。

吴章明，申屠炳明，曹忠权，邓起东，《西藏格林错断层带的基本特征》，地震地质，第 14 卷，第 1 期，1992 年 3 月。

西藏地质矿产局，《西藏区域地质志》，地质出版社，1993 年。

邹光富，《班公湖－怒江断裂带东段的构造特征》，西藏地质，1996 年，第 2 期，第 16 期。

金矿成矿的大地构造环境控制及专属性

葛良胜

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　大地构造活动和深部地质作用是全球构造运动的两个不同侧面，不同大地构造环境的形成是大地构造活动和深部地质作用的综合结果。大地构造环境对金矿成矿具有重要控制作用，不同大地构造环境中形成的金矿床具有不同特点，这种特点通过相关矿床类型（组合）、成矿元素组合及相关的标志性地质特征加以表现，这就是金矿成矿的大地构造环境专属性。以板块构造活动为基础，通过综合分析不同大地构造环境的控矿特点，阐述了金矿成矿的大地构造环境专属性及其特征。金矿成矿的大地构造环境专属性研究，属于区域成矿规律范畴，是区域成矿预测和找矿的基础之一，同时还是矿床作为大地构造活动证据的重要表现。

关键词　大地构造环境　专属性　金矿　板块构造

1　引言

随着我国金矿成矿地质学研究的不断深入和发展，金矿成矿理论也在不断丰富和完善。现在，人们普遍地认识到了构造活动对于金矿成矿的重要控制作用。在较小尺度上，如果先不考虑具体矿床的成因，我们可能已经注意到在相对张性的裂隙中，由于热液充填会形成具有明显边界的石英脉型金矿化；而在一个具有压性特征的构造破碎带中，由于热液贯入交代会形成没有明显边界的破碎蚀变岩型金矿化；而在一个韧性剪切构造环境中，由于在剪切范围内的不同地段可以同时存在相对张性和压性裂隙，因而会同时形成石英脉和破碎蚀变岩的复合型金矿化。同样一个长期多次活动的构造也是一种形成复合型矿化的环境。从这里不难看出，由于控制金矿化重要因素之一的构造环境不同，就可能出现不相同的矿化型式，这正是环境控矿专属性的一个具体和简单表现。事实上，对于专属性这一概念，人们并不陌生，最早的便是岩浆岩成矿专属性，尽管对这一认识还存有较大争论，但只要是不带偏见，人们是无法否定岩浆岩成矿具有专属性这一客观事实的。专属性的存在是人们对于大量金属成矿特征的一个统计性总结规律，尽管在谈及专属性时，通常人们不会特别关心诸如成矿机制、矿质来源、成矿物理化学环境、区域成矿地质背景等内容，但它实际上反映了岩浆活动与金属成矿之间固有的内在联系，只不过这种联系太复杂，而难以像专属性这样直观明了地表现出来。我们在这里使用专属性的概念，正是利用它的这一优点，而暂时搁置了有关矿床成因等方面许多细节性和一时尚难以确定的内容，

作者简介：葛良胜，男，1966年生，硕士，高级工程师，从事金矿地质及大地构造研究。

它明确地告诉我们到什么样的地方应该找什么样的矿床。目前，对于金矿成矿过程中像上述的这种较小尺度上构造环境专属特征一般都有直观和感性的认识，但是，若要说在较大尺度上，例如大地构造环境也存着金矿成矿专属性就可能有很多人不以为然了，而这正是本文要讨论的问题，由于涉及的内容较为广泛，文中同时也对一些基础性和普遍性的问题进行简单讨论。

2 金矿成矿的大地构造控制

在讨论金矿成矿的大地构造环境专属性之前，作为论述的基础，让我们先来讨论一下金矿成矿的大地构造控制特征。在谈到大地构造时，还有必要对与之密切相关的深部构造问题进行阐述。

2.1 大地构造和深部构造

大地构造和深部构造是属于同一尺度上两个不同方向的全球构造概念，是全球构造的两个方面。前者较多地关注全球构造活动的地表浅部表现，一般总是可以通过大量的基础地质工作，完全或不完全地加以明确。例如在板块构造演化的不同阶段，会在相应地区形成与之相配套的不同大地构造环境（背景），如岛弧带或碰撞带等，可以通过其内部的构造－岩浆－建造－变质等特征加以鉴别而厘定。但是大地构造演化并不只是在地表进行，它会涉及到地球内部的不同层圈，并且主要是在地球深部进行的，因此其从本质上说，它就是地球内部（深部）地质过程的地表表现。这种深部地质过程也即后者，即深部构造。深部构造一般难以仅通过传统的基础地质工作予以界定，必需借助大量的非地质手段才能有所认识。例如地震测深、航空航天遥感、航磁、超深钻等就是认识深部构造的重要手段。目前在全球范围内正在进行的全球地学断面等国际对比研究也是在试图弄清全球深部（岩石圈）构造特征。由此可以看出，大地构造与深部构造是相互联系着的两个方面，理论上，它们应该在全球时空四维结构序列演化上完全吻合并一一对应，因此，全球构造变动应从地球内部物质活动上去找原因。

20世纪70年代初期，建立在槽台学说基础上的大地构造研究，没有真正将大地构造和深部构造有机地联系起来，许多有关深部构造的认识和观点（其中包括板块构造理论本身）并未引起人们的重视。这一局面是到了板块构造学说再次兴起时，也即70年代中后期才有了显著的改变。因为板块构造理论本身就涉及到了更多的深部构造内容。也正是由于人们对深部构造认识的缺乏或无能为力，导致了板块构造理论体系的不完善，特别是其走向大陆之后。这种不完善客观上为人们进一步丰富和发展该说提供了广阔的空间，现在建立在板块构造学说基础上的新概念、新认识和新理论正在不断的提出，例如地体或微陆块、软（硬）碰撞、多岛洋、地球动力学、地幔柱、地幔羽和热点学说、地球内部流体学说、陆内俯冲与碰撞以及在大陆造山带方面研究的一系列新进展等等。

由上述讨论可以看出，大地构造与深部构造分别在水平（为主）和垂直（为主）两个方向上反映了全球构造活动的特征。在板块构造学说中，这两者的关系更为清晰，例如随着板块俯冲作用的进行，深部构造状况不同，其在地表浅部的地质表现（形成的相应的大地构造环境）就会不一样，因此其本质上是一回事。以下的讨论中除非特别强调深部属性外

将不对其特别分开，仅以大地构造概念予以表述。

2.2 大地构造活动对成矿的控制

许多大地构造和矿床地质学家很早就注意到了金属矿床的宏观分布与产出与大地构造演化之间的关系。由于板块构造学说及与其有关的地球动力学理论与经典的槽台学说等相比更能揭示出矿床成因与成矿规律，并可以从四维时空结构序列阐明成矿机理，因此板块构造将大地构造活动与区域成矿乃至矿床成矿直接地联系了起来，这是板块构造学对于成矿研究的一大贡献，它拉近了过去矿床学家视为相距甚远的全球构造和具体成矿作用之间的距离，从而导致了矿床学和成矿学研究的一场变革。并成为了当前讨论大地构造与成矿作用关系的热点。本文的讨论也是以此为基础的。

大地构造是区域成矿以至某一具体矿床形成的重要控制因素的认识正在得到越来越多专家学者的认可。Jan Kntina(1998)对全球大型超大型矿床(其中许多就是金矿)与大地构造之间的关系研究表明，表面上，矿床的分布受地壳层次动力作用形成的断裂影响，但实际上是受幔隆等深部构造控制的。也有资料表明，岩石圈深部结构和成矿作用之间是密不可分的。国内也有一大批学者，如姚凤良(1997)、李士森和侯增谦(1998)、沈远超(1998)、谢学锦(1999)、裴荣富和翟裕生等(2000)在总结当代矿床地质研究的进展时，也特别强调了大地构造(全球构造)是金属成矿的重要控制因素。此外，有关金矿成矿学和相关学科近年来的许多进展，如杜乐天(1998～2000)、聂凤军(1998)、万天丰(2000)、牛树银和孙爱群(1999、2000)等，无不揭示了大地或深部构造过程对于金矿成矿、岩浆活动等的直接控制作用。总体上，主要有以下几个方面。

(1)全球构造带与全球性成矿带是一致的，也就是说全球构造带控制了全球性成矿带。据戴自希(1996)对世界14种金属的108个大型、超大型矿床的统计表明，它们均分布在两个巨型的全球成矿带，即环太平洋构造成矿带和地中海－印度构造成矿带及一些稳定的地块内部。阿尔卑斯－喜马拉雅巨型造山带就是在地中海－印度构造带上形成的。由特提斯造山带的形成和演化控制了环球特提斯构造成矿带(域)及其中一系列矿产的形成，金矿是该带中主要优势矿种之一。

(2)大地构造环境的金属成矿专属性控制。其中金矿成矿的大地构造环境专属性是下面将要讨论的重点内容，此不详述。

(3)大地构造与区域成矿动力学。矿床产出的地球动力学背景是同大地构造活动紧密关联的，应该注意到地球动力学背景与大地构造环境是有着根本区别的，区域成矿动力学要比大地构造环境反映的层次更深也更加复杂。关注矿床产出的动力学背景，从根本上突破了过去以单个矿床或矿田等小范围内矿床为主的研究模式，而从更深和更广的层次去研究成矿作用。在全球构造活动的基础上，阐明全球构造活动对区域成矿动力学背景的控制作用，是现代矿床地质学研究的一个方向。

(4)大地构造驱动区域成矿系统。大地构造活动不仅决定了区域成矿系统的形成，同时还是该系统在其动力学背景条件下活动或演化的源驱动力，正是在区域成矿系统活动的过程中，区域成矿作用得以发生，相关的矿床得以形成。这实际上是一种能量控制。越来越多的研究已经表明，即便是局部范围内单个矿床，特别是那些大型或超大型矿床的形成，也可能直接同大地构造活动相联系，或是其直接表现的一部分。

3 金矿成矿的大地构造环境专属性

3.1 金矿产出的板块构造环境及控矿特征

已有大量资料表明，金矿床几乎可以形成在所有与板块构造活动有关的各种大地构造环境中（见表1）。这也就是说，不同时代、不同类型和不同规律的构造地质单元中都有可能有金矿床（或伴生金矿床）的产出，这种控制主要表现在矿床的时空分布和具体的矿床类型上。也正因为如此，才有讨论金矿成矿大地构造环境专属性的必要。现将与金矿成矿有关的主要板块构造环境及其控矿特征简单阐明如下。

3.1.1 深大断裂带

主要指一些相对独立超壳断裂，它包括了板内断裂、大洋中脊或转换断层延伸到陆地的部分及一些巨型的推覆构造、韧性剪切带和滑脱构造系统，但不包括那些明显是与板块边缘构造活动相关且与其环境相配套的断裂带如缝合带等。陆内巨型断裂大多是在前寒武纪基底上发育起来的，具有深度大、延伸长、活动历史悠久且性质复杂的特点。深大断裂带是许多大型或超大型金矿床的主要控制因素之一，其控矿作用具有以下特点：①矿床一般赋存在与深大断裂活动紧密相关的次级构造中，特别是这些构造的复合和交叉部位；②矿床出于古老地质或地台的内部或旁侧，赋矿围岩性质广泛，如基性、超基性到中酸性和碱性的侵入岩及变质岩等；③围岩蚀变发育，主要有硅化、绢云母化等，矿化强烈富集于挤压破碎带或晚期脉岩发育的地段；④一些深大断裂还通过其对赋矿围岩的控制间接地控制着金矿床的产出。

3.1.2 裂谷带

裂谷带可分为大洋型、大陆型和过渡型等几种类型。多斜中生代以前的裂称为古裂谷，它具有集中分布于古地盾或古克拉通上的规律；而将中途夭折的裂谷称为裂陷槽。在裂谷形成和发展过程中，不同类型的地质作用较为复杂，形成的沉积岩石和岩浆岩（火山岩）岩石组合多种多样，如细碧－角斑岩建造、双峰式火山岩组合等，同时这些岩石受后期多种地质作用影响，还会发生不同程度的变质作用，因而是金矿成矿的重要地质环境之一。其控作用有如下特点：①金矿床常赋存在裂谷内某些沉积建造相对固定的层位中；②成矿严格受断陷盆地控制，一般表现是，裂谷带控制成矿带，次级断陷盆地控制金矿田，盆地中与生长断裂有关的更次级裂陷或隆起的边坡控制矿床，矿区内不同性质和方向的断层或构造（或层间）破碎带控制矿体；③含矿岩系主要是火山－碎屑岩夹碳酸盐岩或含凝灰质，特别地还将前寒武纪裂谷构造的产物，一套原岩为基性－超基性火山－沉积岩为主的变质岩系称为绿岩带（裂谷型绿岩带），它是金矿最重要的含矿建造之一。其次是裂谷带发育的一套黑色岩系等；④裂谷空间的多层次性，常使矿床产出具有明显的垂向分带特征；⑤裂谷发育的不同阶段由于可以形成一些具有标志性的构造岩浆及沉积组合，因而其间也常具有许多与之相联系的标志性矿床类型，专属性特征最为明显。

3.1.3 岛弧地带

将弧沟间隙、岛弧岩浆带、弧后盆地和弧间盆地带统称为岛弧地带。岛弧地带以岛弧岩浆岩带与金矿成矿的关系最为密切，而间隙带的盆地区则同裂谷有相似的控矿特征，但

附表 1　金矿成矿的主要板块构造环境专属性

板块构造环境	主要成矿作用	主要赋矿岩系或控矿因素	专属矿床类型(式)	专属元素组合	典型矿床(点)实例
裂谷带(含古裂谷、古裂陷槽、坳拉槽(谷)及由板块俯冲作用诱发的裂谷边缘海盆地等)	岩浆结晶分异和熔离,岩浆热液、变质热液和火山热液,火山喷气、地下水渗滤热液、沉积-(岩浆、变质等地质作用)改造,构造动力热液等	大陆裂谷层状基性-超基性岩	金川-力马河式	Au-Cu-Ni-Pt-Co	甘肃金川,四川力马河
		陆间裂谷带的细碧-角斑岩系	红透山-木奇山式	Fe-Cu-Au,Cu-(Pb-Zn)-Au	辽宁红透山
		条带状硅铁质建造岩	霍姆斯塔克式	Fe-Co-Au	黑龙江东风山
		碳酸盐岩、碎屑岩系	麓子沟式	Cu-Co-Au	山西麓子沟、胡家峪
		裂谷海相火山-沉积建造、大量节理	穆龙套式	Au-As-Mo-Fe-Cu	穆龙套
		中基性火山-沉积建造	夹皮沟-金厂峪式	多金属-Au,Mo-Au	吉林夹皮沟,河北金厂峪
		碳质、凝灰质细屑岩建造	四道沟式	As-Au	辽宁四道沟
		裂谷碳酸盐岩和碎屑岩系、基性火山岩	奥林匹克坝式	Au-U-Fe-Cu-Pb-Zn-Ni	奥林匹克坝
		陆间裂谷的碳酸盐岩和碎屑岩系	卡林式(?)	Au,Cu-Au,As-Sb-Hg-Au	四川东北寨,贵州板其
		陆内裂谷早期的粗碎屑沉积岩系	兰德式(?)	Au-U,Cu-Au	南非兰德
		不同规模和层次的韧性剪切构造	龙王庙-排山楼式	Pb-Zn-Cu-Ag-Au	辽宁南龙王庙、排山楼
		含碳质砂板岩系	九源式	Hg-As-Sb-Zn-Au	甘肃九源
		碳硅质泥岩系	拉尔玛式	Sb-As-Ba-Au-U	甘肃拉尔玛
		裂谷绿岩岩石组合	文峪-哈达门沟式	Au-W-Mo-Bi-Sb-(Fe)	小秦岭,哈达门沟
		年轻陆壳裂谷中偏碱性花岗杂岩体	东坪式	Cu-(Pb,Zn)-Te-Sb-Au	河北东坪
岛弧地带(含陆缘岩浆弧、弧内断裂坳陷、弧沟间隙和弧内(后、间)盆地等)	不同规模、类型和成因的中酸性岩浆活动,火山-次火山热液作用,变质作用,韧性剪切构造,弧后及大陆边缘岩浆活动,弧间、弧后盆地的沉积-变质建造等	交代同熔或重熔型岩浆活动	多宝山式	多金属-Au-Ag	黑龙江多宝山
		弧岩浆带的碱性岩浆活动	冕宁式	Au-Sb-Bi-Te	四川机器房
		钙碱性系列中酸性岩浆活动及下伏的基底岩系	八宝山-金瓜石式	Au-Ag-(Te)	浙江八宝山,台湾金瓜石、新疆阿希
		中酸性浅成-超浅成侵入体顶或边部接触带的裂隙和隐爆角砾岩筒	团结沟-白乃庙式	Au-(Ag)-Cu-Mo	黑龙江团结沟,内蒙白乃庙
		岩浆带中的韧性剪切带	金台子式	Au-Bi-Te-Sc-Co-Sb	四川金台子
		同熔型中酸性侵入岩体与碳酸盐岩-碎屑岩的接触带	雪鸡坪式	Cu-(Pb,Zn)-Au	四川雪鸡坪
		细碎屑沉积岩系	沃溪-双桥山式	Au-Cu	湖南沃溪,江西双桥山
		弧后复理石沉积变质岩系	银洞坡式	As-Cu	河南银洞坡
		海相火山-碳酸盐岩-碎屑沉积变质岩系	金山式	Au-Cu-Fe	四川金山
		陆相火山-次火岩活动	秦林沟式	Au-Ag-Te,Cu-Mo-Au	秦林沟,吉林小西南岔
		弧后盆地火山-碎屑岩建造	拉拉厂式	Bi-Mo-Cu-Au-Ni-Co	四川拉拉厂,河南刘山岩
		地下水渗滤热液	偏岩子式	Sb-Pb-As-Ag-Ba-Au-W	四川偏岩子
		含金矽卡岩	FORTITUDE 式	Au-Ag-Cu	FORTITUDE(美国)

续表

板块构造环境	主要成矿作用	主要赋矿岩系或控矿因素	专属矿床类型(式)	专属元素组合	典型矿床(点)实例
碰撞(造山)带(包括缝合带、A型和B型板块汇合体制及后继造山作用过程中的各种环境)	深大断裂活动及不同规模或层次的韧性剪切构造作用、推覆,蛇绿岩套构造侵位及其变质作用,同碰撞和碰撞后的岩浆活动、陆相火山-次火山活动,变质,古代或现代温泉等	构造侵的蛇绿岩套中	头道川式	Cu-Co-Au	吉林头道川
		变质橄榄岩的蛇纹石过程	墨江-金厂式	Au-Cr Ni-Pt-Fe	云南墨江-金厂
		与蛇绿岩套有关的岩石环境	齐依求式	As-Sb-Te-Ni Au	新疆齐依求
		不同规模和层的韧性剪切带	康古尔式	Au Cu-Pb-Sb-Ag-As	新疆康古尔,四川茶铺子
		与俯冲作用有关的交代同熔-重熔型岩浆	玲珑-焦家式	Au,多金属-Au-Ag	山东玲珑、焦家等
		缝合线构造带内的基性-超基性岩浆活动	德尔尼式	Cu-Co-Au	青海德尔尼
		A型俯冲体制下的仰冲板块或板块边缘的坳陷带中的中酸性岩浆活动	葛卡式	Cu Mo-(Pb,Zn)-Au-Te	四川葛卡
		弧后中酸性或超浅成侵入体内接触带及与之的关的隐爆角砾岩筒	祁雨沟-菜子沟式	Cu-Mo-Au	河南祁雨沟,四川菜子沟
		后碰撞期构造岩浆活动	北衙-马厂箐式	Au-Pb-Zn-(Cu,Mo)	云南北衙、马厂箐
		非造山(造山后花岗岩)	峪耳崖式	Au-Cu-Pb-As-Bi-Co	河北峪耳崖
		古或现代温泉	两河口式	As-Pb-Zn-Sb-Ag-Au	云南两河口
深大断裂带(板内深大断裂、巨型推覆、韧性剪切和滑脱系统,板内等环境)	韧性剪切构造作用,构造动力变质,构造-热液,与深大断裂带活动有关的构造岩浆作用等	韧性剪切带	河台式	Bi-Pb-Au-Cu	广东河台、新州
		构造动力热液作用	干沟-小青山式	Cu-As-Au	四川子沟、小青山等
		巨型推覆构造体系	白云式	Au	辽宁白云
		构造动力热液和细碎屑沉积建造	砂宝斯式	As-Au	黑龙江砂宝斯
		构造破碎蚀变岩和岩浆作用	上宫式	Te-Ni Co Ag (Pb,Zn) Au	河南上宫
		古老地盾上的深断裂,矽卡岩	鸡笼山-天马山式	Au-Ag-Cu	湖北鸡笼山,安徽天马山

其成矿强度远不及裂谷。岛弧岩浆岩带一般具有特色的岩浆活动，构造－岩浆活动和变质作用也很发育，因而也是金矿成矿有利环境之一。其控矿的主要特征是：①金矿床常赋存在岛弧岩浆带上的次级构造－岩浆活动带中，受一些深成岩体或浅成火山－次火山岩体控制，与岛弧岩浆岩活动具有密切的时空和成因上的联系；②许多矿床表现出显著的共生或伴生特征；③岛弧岩浆带的金成矿常具有与岩浆带相平行的与岩浆成分极性相关的时空分带性。

3.1.4 碰撞(造山)带

根据目前的研究成果，碰撞(造山)带比较复杂，传统上主要有B型(岛弧－大陆)和A型(大陆－大陆)之分，是谓硬碰撞，这只是一种情形。然而通过对中国不同地区造山带的深入研究表明，中国的碰撞(造山)带独具鲜明特色。例如陆内俯冲碰撞、板块(或块体)间的软碰撞(但未立即缝合、不造山)、在东特提斯由于多岛洋格局的存在，板块边缘并不十分显著，因此该区内的板块相互作用也难以用传统的碰撞缝合理论予以充分合理的解释。此外，微板块(地体)的不断确立、消失了的古陆的重新发现，使得大量微陆块间的相互作用较为复杂。仅仅用简单的相向、背向不能表示其全部，例如还有追尾式(新疆)、多向对冲式(青藏高原)、分时分段性(三江)等复杂组合，可想而知，碰撞带也会有相应复杂变化。但由于对它们的系统研究还刚刚开始，与其相关的金矿成矿作用缺乏足够的文献可供参阅，以下仍主要阐述硬碰撞带的控矿特征。

碰撞带是继板块缝合后的后续作用，因此碰撞带常有缝合线构造。从缝合到碰撞总会伴有极为典型的地质作用发育，例如蛇绿岩套、混杂堆积的形成，双变质带、碰撞造山相关的岩浆活动、大型断陷盆地和磨拉石建造以及相关的不同规模和性质构造活动等，因此对金矿成矿也极为有利。研究表明，造山带是金矿成矿的重要地质环境，它包括前造山、同造山和后或晚造山等几个阶段。其对金矿成矿的控制有以下特点：①金矿床几乎均位于碰撞带深断裂的上盘，即仰冲板块一侧，受次级断裂控制；②由碰撞推覆作用产生的大规模挤压推覆和韧性剪切带是金矿定位的重要空间；③同碰撞和后碰撞阶段是金矿成矿能力最强的阶段；④同碰撞阶段主要形成与高钾钙碱性系列花岗岩有关的金矿床，而碰撞后的减压松弛阶段为形成与各种脉岩的碱性花岗岩类有关的金矿床创造了有利条件。

3.2 板块构造演化中的物质交换及其对金成矿的控制

大地构造演化对成矿的控制不仅表现在时空和矿床类型方面，还表现在物质成分(成矿元素组合)上。因为地质体的时空变换总是伴随着不同地质体之间以及同一地质体内部不同层次和部位上的物质成分对流、交换、混合或迁移。它从根本上决定了大地构造演化不同时期内所发生的有关地质作用(特别是岩浆作用和变质作用)的物质成分属性，对于金矿成矿来说，就是决定了此时此地或彼地形成这种元素(组合)的矿床，而彼时则形成那种元素(组合)的矿床。其它元素也是如此。

3.2.1 (区域)地球化学区(块)和壳幔地球化学特征

地球化学区(块、带、省)概念反映的是元素分布的区域性特点，即一些元素集中分布于一个地区，而另一些元素则集中于另一个地区。显然现在所确定的不同地球化学区实际上是在整个地质演化历史过程中，不同性质和类型地质事件综合作用的结果。在全国性尺度上圈定地球化学区可以考虑利用超低密度化探的资料进行，同理更低一级的地球

化学区块就可以结合相应比例尺的化探结果开展。由此可以看出，正像大地构造单元一样，地球化学区块也具有等级属性。大部分地球化学分区可能与不同级别的大地构造单元吻合，但也有一些可能是跨构造单元分布的。因此这两者不会也不可能是一一对应的，因为大地构造演化的历史可以人为的界定，尽管所界定的许多大地构造单元现在不一定存在，但是由于大地构造演化过程中，不同地球化学块体的拼接、缝合、解离以及地质作用类型不同等综合作用形成的区域元素集中或分散的特征却是一直存在并作用着的。我们现在可以通过各种工作看到由于大地构造演化在相关环境中形成的元素地球化学集中趋势，但已无法完全恢复这一历史。

专家们认为，区域地球化学区的存在，其根本上是由岩石圈深部各个圈层或地幔不均一性所决定的，这就是壳幔地球化学所要表述的内容。地球圈层的形成是一个漫长而不断变化着的过程，它是随着地球本身的演化一直进行着的。显然，地球内部层圈一经形成，便具有了相关的元素地球化学特征。现已证明，从地表上地壳、下地壳、地幔到地核，不同层圈元素集中分布特征也是不同的，同时在同一层圈内部不同部位，元素分布也是不均匀的，这就是岩石圈各个圈层或地幔的不均一性。正同地球化学区(块)一样，目前地球内部各圈层的物质组成和元素地球化学特征也是综合作用的结果，它反映的只是目前所达到的状态。例如，在青藏高原地区被认为普遍存在的壳幔过渡层(混合带)可能就不是地球内部固有的一个层圈，它只在某一局部和某一特定的演化阶段，经过特定地质演化过程才能形成。但这并不是说所有这一切都不可知，由于地球演化漫长历史和在相当长时间内相对固定属性，以及在地壳浅部留下了或多或少的信息，尽可能重建在整个地质演化过程中，不同时期不同地区古大地构造环境、地球化学区(块)、壳幔结构及其元素地球化学组成仍是地质学家的责任，它们是讨论成矿元素地球化学的基础。

3.2.2 区域地球化学区、壳幔物质结构与成矿元素地球化学

了解地球化学区和壳幔元素地球化学特征的目的在于揭示其与成矿元素地球化学的关联。因为地球化学区(块)只是反映了在这一地区一些元素集中分布的特征，理论上它们都有形成矿床的可能，但由于这些元素的活动性不同，不同地质环境内相关地质作用作用于元素的形式、能力，也就是元素参与不同类型地质作用地球化学行为、过程不同，因而最后形成规模矿床的只是其中的一部分。例如，研究表明，西南三江地区是一个以铜(钼)、铅锌、贵金属、稀有、稀土、锡、汞、钨、锑、镍和铂族等元素的地球化学区，但它们成矿能力并不是等量齐观的，其中以铜(钼)、铅锌、金、银、锡成矿的规模最大，是谓优势矿种。汞和铂族等也有一定储量，其它元素形成的矿床则非常有限。一般可将这些优势成矿元素组成的地区看成为一个由它们组成的成矿省。如果我们在这一地球化学区内再划分次一级的地球化学块来，则不同块体上的富集元素组合和块内成矿元素组合又会不一样。同样，对于壳幔元素地球化学结构之于成矿元素的关联也具有类似的特征。由此可以看出，一个地区成矿元素组合主要可能取决于以下几个方面：①该区所处的大地构造环境；②区域地球化学区(块)的富集元素成分；③地球内部不同层圈中相对富集的元素成分；④地质作用(进而是成矿作用)的类型、规模、性质以及它们作用的广度(涉到一个或多个区块)和深度(涉及到某一层或多层圈)；⑤所有富集元素在相关地质作用的活动性等地球化学行为特征等。由此可见成矿元素组合的最终形成是十分复杂的，处处都受到了大地构造环境的制约。认识到这一点对于地质找矿特别是地球化学异常的评价和筛选十分重

要，所有这些工作应同相关地区内的地球化学分区，壳幔元素组成特征等结合起来，才能真正体现组合异常、组合元素的找矿意义，否则容易形成误导。这可能是在很多地区虽然有好的元素地球化学异常，但经多次工作找矿仍无法获得突破的重要原因之一。

3.3 金矿成矿的大地构造环境专属性

3.3.1 不同板块构造环境的金矿成矿专属性

由上述讨论可以看出，大地构造活动通过由其形成的大地构造环境、环境内不同类型的地质作用以及在大地构造演化过程中形成的区域地球化学区块和壳幔层圈等对相应地区内的金矿成矿进行控制，我们把在不同大地构造环境中由不同类型地质作用（成矿作用）形成的特定金矿床类型（或其组合）、与金共（伴）的元素组合及有关的标志性地质特征称为金矿成矿的大地构造环境专属性。简单地说，就是特定的大地构造环境专属有特定的金矿床类型、成矿元素组合和标志性地质特征。它是金矿成矿的区域性规律之一，它从宏观上回答了诸如应该到什么地方去找金矿，到那些地方又应该寻找什么样的金矿等问题。综合前人的大量研究资料结合本人的研究成果，现将主要板块构造环境及其对金矿成矿的专属关系总结如附表。附表中专属金矿床类型（式）的划分主要参照了韦永福、吕英杰等（1994）的划分方案，具体矿床地质特征和背景资料可从相关矿床实例的有关文献中查阅。

3.3.2 大地构造环境成矿专属性的时空复合特征

（1）空间分带性：不同大地构造环境作用为大地构造活动的产物，在空间上具有相对明确的配置关系，在板块构造活动中，更为显著，这种配置关系也是反演大地构造活动的一个基础。例如，在一个理想的板块汇聚边缘，自海向陆就会依次形成缝合带、弧沟间隙、弧前盆地、岛弧岩浆带、弧后盆地、弧间盆地、边缘海盆地、弧后构造岩浆带、构造隆起带、断陷盆地以及板内等大地构造环境，当然在不同地区，由于板块活动的性质、强度、规模和过程有差异，它们发育往往不完善或不齐全。同时由于有后期构造活动的影响，本已有的大地构造单元也可能被改造而消失。但无论怎样，一个旋回板块构造活动总是必然由其所形成的这一系列大地构造环境来加以表现。正如上述，由于不同大地构造环境对于金矿成矿的专属作用，宏观上就形成了与其相对应的金矿成矿的空间分带现象。依据这种分带性，可以划分出某一地区的金矿成矿的大地构造成矿带。事实上，这种分带在我国的不同地区的板块构造成矿背景中都有明显的反映。例如，我国川西南地区，发育一系列由新元古代古板块俯冲碰撞形成的沟－弧－盆体系大地构造环境，对本区的金矿成矿起到重要控制作用，其成矿专属性的分带规律是：俯冲带有与蛇绿岩套杂岩蛇纹石化有关的墨江－金厂式矿化（盐边地区）；金河－箐河缝合带上发育有康古尔式（茶铺子）、德尔尼式（石棉－盐源一带）金矿床；康定－西昌古岛弧岩浆带上产出有多宝山式（黄金坪）、机器房式（冕宁）、金台子式（金台子）、沃溪－双桥山式（冕宁腊窝）等；会理－会东弧后盆地内分布有拉拉厂式（拉拉厂）、干沟－小青山式（干沟、小青山、毛驴洞、新山等），金川－力马河式（力马河、五仙庙）等金矿床（点）。

（2）时间演化性：上述的空间分带仅反映了在整个大地构造演化过程中某一特定时期和特定阶段的构造型式和成矿特征。事实上，板块构造活动却是一个连续不断地进行的过程。它首先表现在同一地区板块的开合可能会发生多次，同时在每一次的开合事件中，

又可以划出不同的阶段，一个完整的板块运动过程可用威尔逊旋回加以说明，它包括大陆裂谷、海底扩张、俯冲和碰撞缝合等几个彼此不同又相互联系的阶段。同一时刻，某一地区只能处在板块运动某一个阶段有关的大地构造环境中，并表现出相应的成矿专属特征。所以，对于同一地区来说，成矿作用会随着板块活动的进行逐步发展，成矿大地构造环境的不断演变而呈现出时间上的演化规律。研究表明，虽然板块构造演化是长期而复杂的，但对金矿成矿而言，并不是每一期或每一阶段的板块构造作用都一样重要，它一般地表现为同相关区内某一或几个地史时期内最剧烈的板块构运动及其相应的地质和成矿作用有关，在这些时期内，地质作用和成矿作用强烈，金矿成矿的专属性表现得也最明显，成矿的规模也可能最大，因而是相关区内最重要的金成矿期。例如在我国的三大构造成矿域（古亚洲、滨太平洋、喜马拉雅－特提斯）中，分别有与之相对应的主要金成矿期（分别是：晚加里东－海西期、新太古代－古元古代和中生代（燕山期）、喜马拉雅期）。

（3）时空复合特征：在漫长的地史年代里，板块间的相互作用、板块内部的地质变动，如裂离和扩张、拼接与缝合、运动方向和速度的改变、大陆增生和边缘迁移）十分复杂，并表现出旋回性，更重要的是这种旋回性并不是简单的重复。由于在不同板块运动旋回中，相互作用板块的数量、大小、性质、区域应力条件和运动方式、形状、时间长短、深部构造特征、周边环境、发育的程度（也就是旋回的完整性）以及板内的组成等都不相同，因此，同一个地区不可能永远处在同一种大地构造环境之中，而是随着板块的运动而发生变化的，一个地区在一次板块运动旋回中可能处于岛弧部位，但另一期的板块作用中可能处于裂谷中，例如，著名的攀西裂谷（海西期）就是在新元古代形成的古岛弧上发育起来的。这样，同一地区在整个地质历史时期内就会形成不同类型大地构造环境的交叉、重叠、套合或继承特征，由于不同大地构造环境对金矿成矿专属性来同，从而也就导致了相关地区内金矿成矿的交叉、重叠以及矿床形成的多成因、多阶段性，使相关地区内成矿特征复杂化。最终结果是同一地区内可能同时出现专属于不同大地构造环境内的金矿床特征，具体会产出哪些类型和特征的金矿床取决于其曾经经历过哪些类型的大地构造环境，这就是金矿成矿大地构造环境专属性的时空复合特征。可以想见的是，这种时空复合越复杂，矿床类型也就越丰富，具有复杂板块构造作用的地区，金矿床就因此表现出趋同性。

（4）遍通性系列和标志性系列：由于金矿成矿大地构造环境专属性的时空复合，使得同一地区内矿床类型（或其组合）、成矿元素组合复杂化，这是我们在实际工作中经常面临的局面。同时在附表中，我们也可能注意到了同一类型或成矿元素组合的矿床可能会出现在若干个大地构造环境中，也会有同一大地构造环境中出现其它环境中产出的矿床类型。我们将属于这种类型的矿床称为遍通性系列，形成这种现象的原因主要包括两个方面，其一为不同大地构造环境内发生的相似和相同的地质作用，或是同一个大地构造环境内部局部出现了同其它构造环境相似的成矿地质条件；其二即出现了上述的所谓时空复合现象。这些遍通性系列的矿床一般只具有相对专属的意义，正如地球物理和地球化学资料一样，利用它们做为大地构造环境的标志具有多解性。另一方面，可把只在某一种大地构造环境中出现的矿床系列称为标志性系列，它反映的是特定大地构造环境中特有的地质作用和成矿作用。正是这一系列的矿床类型或元素组合具有对大地构造环境的标型意义，可以成为大地构造环境的标志，是判断相关大地构造活动曾经发生的证据之一。这是研究金矿成矿大地构造专属性的另一意义所在，也是当今大地构造与成矿学研究的热

点之一。

参考文献

崔盛芹,论全球中－新生代陆内造山作用与造山带.地学前缘,1999,4。

葛良胜等,川西南陆内俯冲造山带地质特征及金成矿作用,贵金属地质,1998,1。

葛良胜,张吉宽,川西南地区大地构造演化及其金矿大地构造成矿带,贵金属地质,1996,1。

葛良胜等,板块构造环境对金矿成矿控制作用,黄金地质,1996,3。

葛良胜等,川西南康定－会理地区构造演化与金矿成矿,黄金地质,1998,3。

葛良胜等,川西南孔玉－会理地区内生金矿床成矿规律,矿产与地质,1998,3。

李兴振,刘文均,王义昭等著,西南三江地质特提斯构造演化与成矿,地质矿产部"八五"科技攻关三江项目丛书,北京:地质出版社,1999。

李上森,于华,矿床地质研究的一些进展与问题,前寒武记研究进展,1998,2。

李继亮,孙枢,郝杰等,论碰撞造山带的分类,地质科学,1999,2。

吕伯西,王增,张能德等,三江地区花岗岩类及其成矿专属性,中华人民共和国地质矿产部地质专报(二)岩石矿物地球化学,第18号,北京:地质出版社,1993。

欧新功,金淑燕,壳幔混合层的物质过程及其动力学意义,世界地质,第18卷,第3期,1999。

裴荣富,翟裕生,张本仁主编,深部构造作用与成矿,北京:地质出版社,1999。

石准立,刘凤山,火山－侵入杂岩带的成岩－成矿专属性,地学前缘,1999,2。

吴有林,林舸,范尉茗等,地幔交代作用研究综述,地质科技情报,1996,2。

吴言昌,曹奋扬,常印佛,初论安徽沿江地区成矿系统的深部构造－岩浆控制,地学前缘,1996.2。

徐学义,扬军录,地幔柱理论研究综述.西安地质学院学报,1997,2。

谢学锦,邵跃,王学求主编,走向21世纪勘查地球化学,北京:地质出版社,1999。

雪春等,滇西主要有色金属矿床区域成矿地质背景,云南地质,1991,1。

于文卿译自《Основны Пробпемы Совренной Металлогении》4～27(1995),现代成矿规律学的基本问题,国外铀金地质,1997。

叶庆同,胡云中,杨岳清等,三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用,中华人民共和国地质矿产部地质专报(四)矿床与矿产,第25号,1992,北京:地质出版社。

中国科学院黄金科技工作领导小组办公室。中国金矿研究新进展,第一部,下篇,北京:地震出版社,1994。

张正伟,蔡克勤,徐章华,大比例尺成矿预测研究方法,地学前缘,1999,1。

张炳熹,浅谈矿床研究与勘查实践,地学前缘,1999,1。

赵俊猛,张先康,赵国泽等,不同构造环境下的壳幔过渡带结构,地学前缘,1999,3。

翟裕生,论成矿系统,地学前缘,1999,1。

翟裕生等,成矿系统及综合地质异常,现代地质,1999,1。

Don L. Andeson Enriched Asthenosphere and depleted plumes in: International Geology Review, Vol. 38, 1996: 1～21.

R. P. Forster edited, Gold metallogeny and exploration 1991. Blackie and son Ltd. First published: 16～335.

成矿地球动力学环境分析与金矿区域成矿预测
——以新疆北部地区为例

卿　敏　雷时斌　慕　涛
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　本文从地球动力学角度，探讨了地球动力学环境与成矿单元、矿床类型的关系，对成矿区带的概念及其属性作了诠释，提出区域成矿预测成矿地球动力学环境分析法的基本研究思路及其方法体系。利用成矿地球动力学环境分析法划分了全国金矿Ⅱ级成矿区带；以新疆北部地区为例，对每个区带成矿潜力和找矿方向进行了评价。最后对成矿区带找矿战略布局原则提出了意见。

关键词　成矿地球动力学环境　区域成矿预测　金矿　新疆北部

当前，矿产勘查有两个发展趋势值得重视，一是研制和应用矿床模型，解决找什么类型矿的问题，同时为寻找同类型矿床提供参照物；另一个发展趋势是成矿地质构造背景的系统研究，目的是解决到何处去找矿的问题。后者已成为区域成矿预测或称区划工作的核心研究内容。而从全球构造演化和层圈互相作用的基础上来分析成矿地质构造背景，本文称之为成矿地球动力学环境分析，已成为当前和今后区域成矿预测研究的一个重要领域，逐渐成为区域成矿预测的理论支柱之一，金矿也不例外。

1　金矿区域成矿预测的基本观点

1.1　地球动力学与成矿地球动力学环境分析

20世纪70年代以来，随着全球科学深钻、地学大段面、地幔填图等深部探测的研究和加强，积累了一些关于地球深部组成和结构的新资料，壳幔相互作用、岩石圈和软流圈相互作用、地幔柱运动等问题受到重视，并开始探索成矿物源、成矿作用与深成物质运动的关系，从宏观角度研究区域成矿的地球动力学机制。

地球动力学一词强调了岩石圈运动的动力源自深部。按照板块学说观点，通常把板块构造活动导致地球各圈层互相作用、能量再分布及成岩成矿物质运动，称地球动力学，而将其与相关的区域成矿地质构造环境，称地球动力学环境。

“成矿地球动力学环境”一词不同于一般意义上的构造环境，是指具某种地质背景的地质体在某一时期、某种地球动力学条件下所处的地质构造环境。它有多重属性：一是时间属性，二是空间地域属性，三是地质背景属性，四是地质构造环境属性。

主要作者简介：卿　敏，男，1967年生，博士，高级工程师，现主要从事黄金地质研究工作。

成矿地质构造环境分析是指从岩石圈及相邻圈层物质和能量迁移交换的角度探讨造岩组分的分散和富集机制，用岩石圈演化过程所控制的成矿地质构造环境的时、空演化规律来阐明成矿时、空规律，目的是指出在什么年代的地质体中寻找形成于什么构造环境的何种类型的矿床。

成矿地球动力学环境分析是一门综合性、基础性和先导性很强的研究工作，它将地学基础研究的新成果渗透到区域成矿预测研究中去，实现多学科交叉渗透，集地学多学科之大成，帮助我们认识区域成矿特点及其根源。因此，成矿地球动力学环境是进行区域成矿分析的基础和前提。

1.2 成矿地球动力学环境与成矿单元

成矿单元的原意是指在一定的构造单元和地质发展的历史阶段，由沉积、变质、岩浆作用结果形成的范围内对成矿作用及矿床的富集程度作的不同层次和等级的划分①。成矿单元是成矿作用和经济的概念。经济是指矿床而言，矿床是通过某种成矿作用使有用物质高度浓集的结果，它是成矿作用的最终产物和外在表现形式。成矿作用是地质意义下的地质单元，是地球动力作用的一种表现形式，是一定历史时期和特定地球动力学背景下的产物。成矿作用在某个地质历史阶段、某种地球动力学背景中不同地质构造环境的表现并不一致，也就是说，成矿地球动力学环境差异是成矿作用表现形式及其矿化强弱差异的根本性控制因素。成矿地球动力学环境地质事实只有一个，但由于所持的大地构造观点不同，对地球动力学认识的差异，因而其成矿地球动力学环境称谓也不同，直接表现在构造环境术语上。A.H.G.米契尔和 M.S.加森(1981)按板块观点将成矿构造环境分为 40 种。而槽台说构造环境分类及其术语又自成体系(朱上庆、池三川，1992)。但是，不同的大地构造观点都承认成矿地球动力学环境是诸控矿因素中最重要的一个。

成矿单元在成矿预测中包括成矿区带、矿床(体)两个方面内容。在成矿单元划分时，应优先考虑成矿作用，尤其是划分成矿区带。从成矿地球动力学角度看，成矿区带及其矿床都是全球构造的重要组成部分，是一种构造标志。资源区域评价、矿床预测、成矿规律和控矿条件分析等，都应体现某种构造观点，成矿地球动力学环境可作为矿床的宏观指示物。由于成矿地球动力学环境中成矿作用的专属性，是不同大地构造环境成矿专属性的根本原因。成矿单元具时间、空间属性，和成矿地球动力学环境有较好的对应性，二者在某个地质历史阶段、特定的地球动力学过程中均可以作不同层次和等级的划分。

1.3 成矿地球动力学环境与矿床类型匹配关系

Sawkins(1990)指出，金矿床是在特定的地质发展时期的构造环境中形成的，也就是说不同的地球动力学过程决定着不同类型金成矿作用的发生，矿床成因具深刻的地球动力学背景。成矿地球动力学环境对地热的分布和变化、不同类型的火山岩和侵入岩分布、沉积建造以及构造样式(如断裂、褶皱等)起决定性作用。一个地球动力学环境与某类或某几类矿床类型有明显的匹配关系，这也是成矿地球动力学环境成矿专属性的外在表现形式。反之，已知矿床类型也可作为认识成矿地球动力学环境的一种标志。

---

① 隐伏铜矿预测原理和方法，地质矿产部情报研究所，1989。

根据成矿地球动力学环境与矿床类型匹配关系，我们可以用成矿地球动力学环境判别来预测金矿床类型，提出可能发现的未知矿床类型，帮助我们在新区开展找矿预测工作时解决找什么类型的金矿床，同时为成矿区带成矿潜力评价指明方向和远景。

1.4 对金矿成矿区带的诠释

金矿成矿区带是指地质发展史上，遭受过相似的地球动力学过程，金矿成矿作用具有不同程度的共性，金矿床集中产出的地区或地带。成矿区带强调了空间地域的属性，也就是说，成矿区带是一些不同程度相似的特殊地域组成。这些地域的特殊性表现在：具相近的地质发展历史；遭受的地球动力学过程相似；相似或相近的金矿成矿作用及其匹配的矿床类型或成矿系列。

按照成矿区带的概念及其属性，我们可以作近一步的理解：

(1)成矿区带是现今地表出露或分布的一些特殊地区或地带，区块明确，界限分明，没有时间的属性；

(2)成矿区带是多期次、不同金成矿作用的环境，也就是说，同一成矿区带可以出现多期次、多阶段、不同成因类型的金矿床；

(3)同一成矿区带在地质历史演化过程中，不同阶段所处的地球动力学环境及其金成矿作用是相近的或有联系的；

(4)成矿区带与具时间和空间属性成矿地球动力学环境、成矿单元是一种包容关系，成矿区带是由一系列不同时期、相同地域的成矿地球动力学环境(成矿单元)组成；而地质历史上，有些成矿单元或其组合，由于后期改造作用，主要指剥蚀破坏及深埋等，在现今地表目前的技术条件下并不构成成矿区带；

(5)成矿区带划分的另一个出发点，要本着为找矿战略布局服务。

按照第二轮全国区划工作标准，成矿区带按其规模、形状，由大到小依次分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级，各级成矿区带所赋予的地质概念是不同的(陈毓川，1999)。

2 金矿区域成矿预测的基本研究思路

金矿区域成矿预测是以成矿区带为主要研究对象，应用一定的地质成矿理论和方法，划分金矿成矿区带，分析各成矿区带在不同地质历史时期的地球动力学环境及其与之匹配的金矿成矿作用、可能的金矿床类型，对成矿区带资源远景作出评价，提出找矿方向，为找矿战略布局服务。

金矿区域成矿预测中，成矿地球动力学环境分析是其工作的核心研究内容，“活动论”或“时空观”是其基本工作原理。中国大陆地壳在整个地史演化过程中，经历过多期次、不同的地球动力学过程，发生过多期次、多阶段的构造运动及成岩、成矿作用，形成了多期次、多阶段、多种成因类型的金矿床。所以我们在进行区域成矿预测时，要用活动的观点看待问题，具体分析成矿区带在地质历史演化不同阶段的地球动力学背景、所处的成矿地球动力学环境，具体分析不同成矿地球动力学环境的演化、继承、改造及其对金矿成矿作用的影响，具体分析形成矿床的类型和矿床的后期保存情况，为区带成矿潜力评价提供地质依据，为在何种地质体中寻找什么类型的金矿床指明方向。

金矿区域预测的主要任务有两条，一是金矿成矿区带预测，解决到何处去找矿的问题；二是金矿床类型预测，解决根据什么标志寻找何种类型的金矿床问题。区域预测有两种主要方法，即信息预测和理论预测。信息预测是建立在对区域控矿因素（如地层、构造、岩浆、岩相、变质、风化等）等地质信息的归纳和总结，结合物、化探、遥感等找矿信息来开展，这是传统的区域成矿预测法，本文称之为被动成矿预测法，也是目前区域成矿预测的一种主要方法。

信息预测对大比例尺成矿预测而言，是行之有效的，但对一个新区和进行小比例尺成矿预测时，由于信息资料不全，信息预测法已经不完全适应了，理论预测的突出地位就显示出来了。应用现代科学方法，如系统科学和地球动力学的思路和方法，充分吸取地质基础学科的最新成果，来开展区域成矿预测是目前和今后该领域发展的主旋律

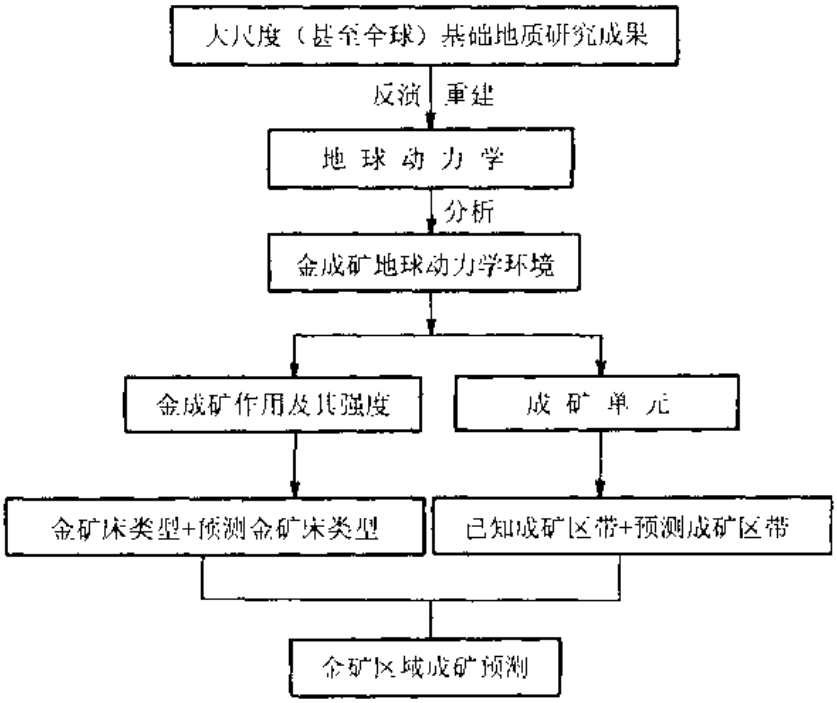


图 1　金矿区域成矿主动预测法基本研究思路框架图

本文从地球动力学的角度，提出金矿区域成矿预测的基本思路为（图 1）：多学科基础地质研究阶段，从宏观大尺度上着手，甚至从全球角度来开展工作，目的是重建或反演整个地球演化历史上地球动力学过程，分析金成矿地球动力学环境；在此基础上，一方面分析金成矿作用类型及其强弱，预测与之匹配的金矿床类型，为找矿指明方向，为区带评价提供地质依据；另一方面划分成矿单元，预测成矿区带，达到区域成矿预测的目的。该预测思路和方法本文称之为主动成矿预测法，对地质工作程度比较低，已知金矿床（点）及其他找矿信息资料比较少的地区进行区域成矿预测比较合适。

3 全国金矿成矿区带划分

关于成矿区带的划分，国内外尚无统一的原则和依据。过去多从金矿成矿集中区或密集区（聚集区）概念出发来进行区划、分级，明显不足之处是其地质含义模糊，不利于指导工作程度低、已知金矿床（点）少的地区找矿。近年来，把大地构造理论作为成矿区带划分的理论基础，从而使成矿区带的划分更趋合理。但由于所持的大地构造观点不同，对成矿区带的划分也有差异。我部在开展全国金矿成矿区划工作时拟定的几条原则为：①大地构造理论以板块构造学说为主，同时参考地体构造理论；②应用地球动力学的思路和方法，开展地球动力学环境分析；③充分考虑与全国区划工作接轨（陈毓川，1999），同时考虑黄金矿种的特殊性；④除地质主因素外，为便于我部找矿战略布局操作，适当考虑地域因素。根据上述原则，将我国金矿划分为5大成矿域（Ⅰ级成矿区带）42个Ⅱ级成矿区带，以此作为我部找矿战略布局的基础①。中国西部就涉及5大成矿域中的21个Ⅱ级成矿区带。

当然，由于我们对各地质阶段地球动力学过程及其作用的确切范围还在不断认识、深化，这些成矿区带的划分也是相对的，今后还要得到不断修正。

4 金矿Ⅱ级成矿区带评价

4.1 金矿Ⅱ级成矿区带评价的基本原理

成矿区带评价，包括区带成矿潜力评估及找矿方向预测，是区域成矿预测工作的重点，上关系到找矿战略布局，下关系到普查找矿的具体操作，其意义不言而喻。

本文从地球动力学的角度，提出成矿区带评价的成矿地球动力学环境分析法，具体分析某成矿区带在何时、发生过何种金成矿作用及其强弱、在什么地质建造中形成什么类型的金矿床。通过层层剥离，提供的区带成矿潜力评估信息有金成矿作用的类型、期次及其强弱；提供的找矿信息有金矿床类型及其赋矿建造。

通过分析，我们可以理解，一个区带中，早期金成矿作用形成的矿床类型在晚期地质建造中是没有表现的，而晚期金成矿作用则会叠加在早期地质建造中，同时，早期形成的金矿床可能会遭受晚期地质成矿作用的叠加、改造。这些分析不仅对找矿有指导作用，还有助于我们对成矿区带中金矿的时、空分布规律的认识。

4.2 新疆北部地区金矿Ⅱ级成矿区带评价

新疆北部地区属于复杂的巨型乌拉尔－中亚－蒙古古亚洲构造域的一部分，阿尔泰和天山两大造山带以及塔里木和准噶尔两个地块大体上控制了该区大地构造演化的格局，同时也制约了其地质演化、成岩成矿特征及成矿区带的分布。本区主要包括天山－兴安成矿域中的天山、东准噶尔、西准噶尔、阿尔泰等4个Ⅱ级成矿区带。各区带成矿地球

① 雷时斌、蔡泳、卿敏，全国金矿成矿远景区划概述，1998。

动力学环境分析结果详见表1、表2、表3。通过分析，天山成矿带具非常好的成矿潜力和找矿前景，其次是阿尔泰成矿带，而东、西准噶尔成矿带则相对较差。天山成矿带的主攻矿床类型为斑岩－隐爆角砾岩型及浅成热液型等火山岩型金矿床、浅变质碎屑岩型以及产于中酸性内、外接触带中的金矿。阿尔泰成矿带主攻矿床类型为火山岩型金矿床以及产于中酸性内、外接触带中的金矿。东、西准噶尔成矿带主攻矿床类型为海相火山岩型金矿床以及产于中酸性侵入体内、外接触带中的金矿。

表1　天山成矿带成矿带地球动力学环境与金矿成矿预测

地质时期	地球动力学背景	地质构造环境	金成矿作用	矿化程度	预测金矿床类型、赋矿建造	已知金矿床类型
中元古代早期（>1400Ma）	壳幔分异，岩浆作用	新生地壳	火山－沉积变质－改造成矿作用	不详	绿岩带型	
新元古代早期（>600Ma）	大陆克拉通化	克拉通环境	1. 沉积－变质－改造成矿作用；2. 板内超基性基性岩浆成矿作用		1. 浅变质碎屑岩型（卡瓦布拉克群、大湖群）；2. 岩浆Cu－Ni硫化物伴生金矿床（基性、超基性侵入岩	
早古生代时期（600～400Ma）	北部：准噶尔洋壳形成、扩张及向天山－哈密地块俯冲；南部：大陆离散，洋壳扩张及向天山－哈密地块俯冲、洋盆闭合	两侧陆缘岛弧中间弧后盆地活动带	1. 火山喷流（气）－沉积－浅变质－改造成矿作用；2. 火山－次火山成矿作用（火山沉积－改造成矿作用）；3. 中酸性岩浆热液成矿作用；4. 基性、超基性深成岩浆成矿作用	矿化强烈	1. 浅变质碎屑岩型金矿（浅变质碎屑岩）；2. 层控铅锌多金属硫化物伴生金矿床（火山及火山碎屑岩）；3. 中酸性钙碱性侵入体内外接触带中的金矿床（斑岩型、矽卡岩型、爆破角砾岩型）；4. 岩浆Cu－Ni硫化物伴生金矿（基性超基性岩、蛇绿岩）；5. 碱性岩型金矿床（富碱侵入岩）	1. 火山岩型（南金山）；2. 中酸性侵入体内外接触带型金矿（金窝子）；3. 海相火山岩型（马庄山）；4. 浅变质碎屑岩型（萨瓦亚尔顿）；5. 斑岩型Cu、Au矿床（东天山）
晚古生代时期（400～250Ma）	准噶尔、北天山大洋盆地俯冲、消减（B型）；南北两大陆碰撞，古亚洲大陆形成	1. 北部安第斯型活动陆缘，弧及弧后活动带、碰撞带；2. 南部塔里木板块和天山地块碰撞拼贴带；3. 碰撞期后拉张环境		矿化强烈		
中、新生代	南北双向挤压	碰撞挤压带（A型俯冲带）	重熔岩体热液、外生成矿作用	矿化较强	中酸性侵入岩内外接触带的金矿、砂金矿	砂金矿（大西沟）

表 2　东准噶尔、西准噶尔成矿带地球动力学环境与金矿成矿预测

地质时期	地球动力学背景	地质构造环境	金成矿作用	矿化程度	预测金矿床类型（赋矿建造）	已知金矿床类型
早古生代早期（<600 Ma）	大陆离散，洋壳形成、扩张	大洋盆地	1. 火山喷流－沉积－改造成矿作用；2. 与蛇绿岩有关的成矿作用	不详	1. 海相火山岩层控块状硫化物伴生金矿床；2. 岩浆 Cr、Pt 伴生金矿床	
早古生代晚期（>400 Ma）	洋壳扩张、俯冲	大洋盆地向沟－弧－盆体系转化	1. 火山喷流－沉积－改造成矿作用；2. 与蛇绿岩有关的成矿作用	矿化较弱	块状硫化物伴生金矿床、Cr、Pt 伴生金矿床及海相火山岩相金矿床（拉斑玄武岩建造、蛇绿岩建造）	
晚古生代早期（400－380Ma）	洋壳俯冲、消减、闭合（西准向哈萨克斯坦板块，东准向西伯利亚板块）	1. 沟－弧－盆体系；2. 沟－弧－盆体系向碰撞带转化；3. 碰撞后拉张断陷环境	1. 海底火山喷流－沉积－改造成矿作用；2. 陆相火山、次火山成矿作用；3. 深成中酸性岩浆及其热液成矿作用；4. 深成基性、超基性岩浆成矿作用；5. 沉积变质改造成矿作用；6. 碱性岩浆热液成矿作用	火山、岩浆作用强烈，矿化强烈	1. 块状硫化物伴生金矿床、海相火山岩型金矿床（海相火山岩、蛇绿岩）；2. 斑岩型（矽卡岩型、爆破角砾岩型）金矿床（中酸性侵入岩体内外接触带）；3. 岩浆 Cu－Ni 硫化物伴生金矿床（基性、超基性岩）；4. 浅变质碎屑岩型金矿床（浅变质碎屑岩）；5. 碱性岩型金矿床（碱性火山岩、侵入岩）；6. 陆相火山岩型金矿（陆相火山岩）	1. 海相火山岩相（哈图金矿）；2. 浅变质碎屑岩型金矿（沙尔布拉克）；3. 中酸性侵入体内外接触带型金矿（阔个沙地）；4. 铜镍硫化物伴生金矿床（喀拉通克）；5. 陆相火山岩相金矿（金山沟）
晚古生代晚期（300－250Ma）	准噶尔板块与哈萨克斯坦板块（西准）、西伯利亚板块（东准）俯冲、碰撞					
中、新生代	板块南北双向挤压	碰撞挤压带	1. 重熔岩浆热液成矿作用；2. 外生成矿作用	外生矿化强	1. 侵入体内外接触带金矿；2 砂金矿	

表 3　阿尔泰成矿带地球动力学环境与金矿成矿预测

地质时期	地球动力学背景	地质构造环境	金成矿作用及其强度	预测金矿床类型（赋矿建造）	已知金矿床类型
中元古代早期（>1000Ma）	壳幔分异、大陆地壳形成	?	矿化较强；火山－沉积及变质－改造作用、深成浆作用	绿岩带型(?)	
新元古代（1000－600Ma）	地壳稳定	被动大陆边缘	矿化较弱		
早古生代加里东期（600－400Ma）	中亚－蒙古大洋壳形成、扩张，向西伯利亚板块俯冲(B型)	由稳定的被动大陆边缘到形成统一的阿尔泰沟－岛弧－盆体系	矿化较强；1.海底火山－喷流(气)沉积－改造作用；2.深成岩浆热液作用；3 火山－次火山作用	1.块状硫化物伴生金矿床、海相火山岩型金矿床(海相火山及火山沉积岩)；2.斑岩型、矽卡岩型、爆破角砾岩型金矿床(中酸性侵入岩及其内外接触带)；3.浅变质碎屑岩型金矿	
晚古生代早期（400－350Ma）	洋壳俯冲、消减，准噶尔板块向西伯利亚板块俯冲碰撞(B型及由B型向A型转变)	沟·岛弧·盆体系	矿化最强；1.火山－次火山成矿作用；2.深成钙碱性中酸性岩浆热液成矿作用；3 基性、超基性岩浆成矿作用；4.碱性岩浆热液成矿作用；5.火山沉积－改造成矿作用	1.陆相火山岩型金矿；2.海相火山岩型金矿、层控多金属硫化物伴生金矿；3.斑岩型、矽卡岩型、爆破角砾岩型金矿或伴(共)生金矿床(中酸性侵入岩及其内外接触带)；4.岩浆型铜、镍硫化物伴生金矿(基性、超基性岩、蛇绿岩)；5.碱性岩型金矿(中酸性碱性岩)；6.变碎屑岩型金矿	1.中酸性侵入岩体内外接触带金矿(多拉纳萨依、托库孜巴依)；2.海相火山岩型(阿舍勒铜伴生金)
晚古生代晚期（350－250Ma）		碰撞拼贴带；碰撞期后拉张环境			
中、新生代（250Ma）	印度板块与西伯利亚板块南北双向挤压	挤压带(B型俯冲)	1.重熔岩浆热液成矿作用较弱；2.外生成矿作用较强	1.中酸性侵入体内外接触带金矿；2.砂矿	砂金矿（红墩、西沟河）

5 成矿区带找矿战略布局及找矿方向

区带找矿战略布局要充分考虑的几项原则:①成矿概率。涉及区带金成矿作用类型、强度及其期次,以及金矿床类型等因素;②找矿概率。涉及金矿床保存条件(深埋及强烈剥蚀均不利)、金矿地质普查及研究工作程度;③自然环境。主要是指野外工作条件,包括交通、气候、地势地貌及生活条件等;④社会环境。涉及勘查登记、工作成本、国家现行政策(如西部大开发)及其它人为因素(如行政命令)。

考虑我部金矿地质工作现状(工作基础)及部队性质,将成矿区带划分为四种不同级别的找矿战略区,即重点开发区带、加速普查区带、战略远景区带和侦察探索区带。新疆北部地区天山成矿带、北山成矿带属加速普查区带,阿尔泰成矿带属战略远景区带,而东、西准噶尔成矿带则划归侦察探索区带。

涉及区带找矿直接有关的内容有:①金矿床类型。矿床类型厘定,一方面可以利用模型思路去类比找矿,另一方面提醒我们从找矿初期,就注重一些有巨大工业价值的矿床类型的寻找。②找矿标志。包括成矿环境、赋矿建造及其主要控矿构造。目的是缩小靶区,明确赋矿地质体及其分布或出露范围。③找矿方法选择。

参考文献

陈毓川主编,中国主要成矿区带矿产资源远景评价,北京:地质出版社,1999。

陈毓川主编,当代矿产资源评价的理论与方法,北京:地震出版社,1999。

胡霭琴,王中刚,涂光炽等,新疆北部地区地质演化及成岩成矿规律,北京:科学出版社,1997。

朱裕生,李纯杰等著,成矿地质背景分析,北京:地质出版社,1997。

东昆仑地区地质构造演化及金矿找矿前景分析

慕涛　孙岳　肖力　刘纲　刘志杰
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘要　东昆仑地区是一个经历了多期构造活动的复杂造山带，元古代—早古生代经历了结晶基底形成、古秦昆洋的形成演化和古华北、华南两大板块的俯冲碰撞；晚古生代－中生代成为古特提斯陆缘活动带，经历了俯冲碰撞和陆内造山作用。昆北、昆中、昆南、北巴颜喀拉断裂带将本区划分为五个地质构造单元，不同单元的地质构造演化特征构成了区域金矿化形成的主要背景和控制因素，使不同类型和元素组合的金矿化表现出区域成矿的分带规律。沿昆中、昆南、北巴颜喀拉断裂带两侧是寻找金矿的有利地区。

关键词　东昆仑　构造演化　金矿　区域成矿

成矿地质作用是地壳发展演化过程中的特殊地质现象，因此，对于区域成矿远景的战略评价必须是建立在对区域地质构造演化正确认识的基础上，才能尽可能获得客观的结论。本文所讨论东昆仑地区位于青藏高原北部，西起青新交界处，东接鄂拉山；北邻柴达木盆地，南止于巴颜喀拉山北部。

1　东昆仑地区地质构造特征

东昆仑地区在地质构造上处于塔里木－华北和唐古拉－扬子两大古陆的拼合部位，在前寒武纪陆台基础上，显生宙以来经历了多次裂解和拼合（姜春发，1992），地质构造复杂，金属成矿作用极为丰富。区内构造形迹以断裂为主，区域性构造方向近东西向，自北而南发育有昆北、昆中、昆南和北巴颜喀拉深断裂，是本区最重要的近东西向构造边界。这些深断裂自北而南将本区划分为五个构造带：昆北裂陷造山带、昆中花岗变质杂岩带、昆南裂陷造山带、阿尼玛卿裂陷造山带和北巴颜喀拉（被动陆缘）造山带（图 1）。

1.1　昆北裂陷造山带

仅在东昆仑西段祁漫塔山地区有出露。区内出露最老地层为下元古界长城系金水口群中深变质岩系，由片麻岩、麻粒岩、辉石岩、角闪岩、镁质大理岩及部分混合岩组成；原岩为粘土岩－中基性火山岩－镁质碳酸盐岩－砂泥质岩系，受区域变质作用而形成角闪岩相变质岩系；早古生代仅有晚奥陶世铁达斯群，岩层受动力变质作用发育中级变质片岩，地层两分明显，下部为浅变质的砂岩、板岩夹结晶灰岩及硅质岩，上部为玄武岩和白云岩。泥盆系仅有上统，称黑山沟组和哈尔扎组，为海陆交互相粉砂岩、长石石英砂岩、砂质灰

主要作者简介：慕涛，男 1963 年生，高级工程师，现主要从事黄金地质研究工作。

岩、英安质流纹质凝灰岩及砂泥质板岩；石炭系发育较全，为地台型沉积，下部以灰岩、白云岩为主夹长石石英砂岩，上部为灰岩

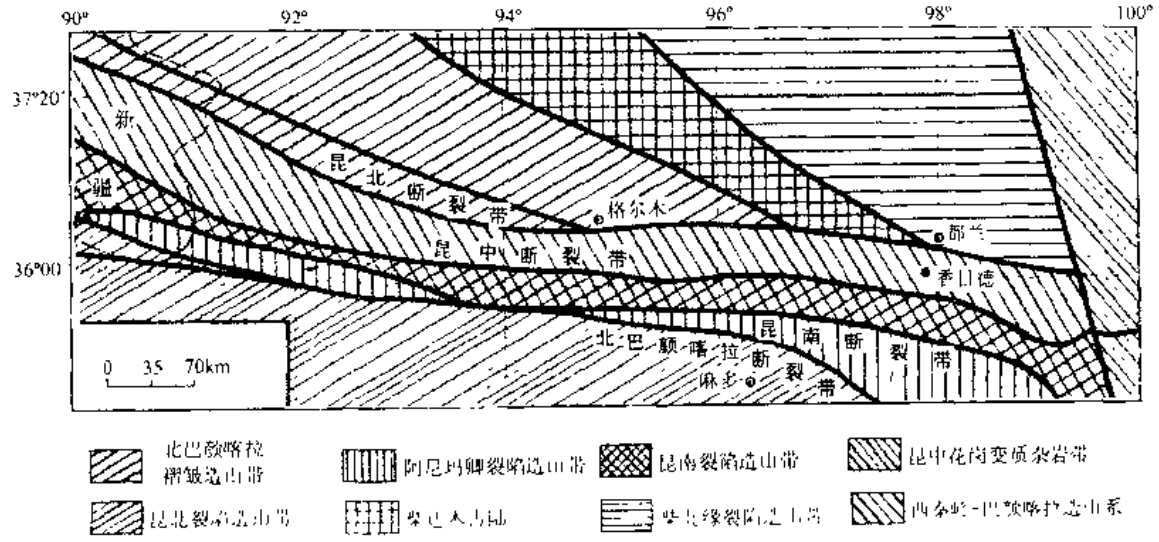


图 1　东昆仑地区构造分区略图

此带被断裂包围，北侧为隐伏的格尔木断裂带，南侧为那陵郭勒河断裂带；内部断裂也十分发育，断裂构造以北西－北西西向为主，呈带状分布。

本区华力西期和印支期中酸性侵入岩十分发育，组合成巨大的复合岩(体)带。华力西早期活动较弱，岩石类型单一，主要有石英闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩；华力西晚期活动强烈，岩石类型复杂，计有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩、花岗岩、钾长花岗岩和正长斑岩等；主要侵位于下元古界金水口群和中奥陶统铁达斯群地层中。印支晚期侵入岩较发育，主要为花岗闪长岩和二长花岗岩。

1.2　昆中花岗变质杂岩带

夹持在昆中、昆北断裂之间。本区基底由下元古界中深变质杂岩组成，包括由片麻岩、麻粒岩、辉石岩、角闪岩、镁质大理岩及部分混合岩组成的长城系金水口群地层和以石英岩大量分布为特征，夹黑云斜长片麻岩、黑云石英片岩的长城系小庙群地层；第一盖层是中上元古界浅变质岩，包括蓟县系冰沟群和青白口系丘吉东沟群，前者以白云岩、白云质灰岩等碳酸盐岩为主，夹千枚岩、板岩及硅质岩，后者以碳硅质板岩、粘板岩等细碎屑岩为主；第二盖层由上泥盆统－下二叠统陆相、海陆交互相及浅海相砂岩、火山岩、含煤碎屑岩及陆缘碎屑岩组成，其间缺失早古生代沉积，印支早中期处于隆起状态，缺晚二叠世－中三叠世沉积，晚三叠世沉积以陆相火山岩为主。

本区华力西期侵入岩十分发育，构成规模巨大的近东西向花岗岩带，其次为印支期，加里东期、燕山期侵入岩零星出露。华力西晚期侵入岩主要分布在昆中断裂带以北，岩石类型复杂，有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗岩、花岗岩、钾长花岗岩和正长斑岩等；印支期侵入岩主要分布在东部鄂拉山一带，岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩及花岗岩。

本区断裂构造十分发育，主要断裂为近东西－北西西向断裂，除规模巨大的边界断裂外，单元内部次级平行断裂也较发育，其次为北西向、北东向断裂。

1.3 昆南裂陷造山带

夹持在昆北、昆南断裂之间。本区出露泥盆系－下二叠统为含大量火山岩的碎屑岩、碳酸盐岩活动型沉积；其中西段碳酸盐岩增多，火山岩减少，厚度较小，变质程度较低，侵入岩不发育；东段则碳酸盐岩减少，火山岩增多，厚度较大，变质程度加深，侵入岩发育。中下三叠统过渡型沉积广泛出露，为含有大量火山岩的浅变质碎屑岩系，主要岩性有砂岩、板岩等(图 2)。

带内印支期中酸性侵入岩广为出露，主要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩及花岗岩等，主要分布在东段鄂拉山一带

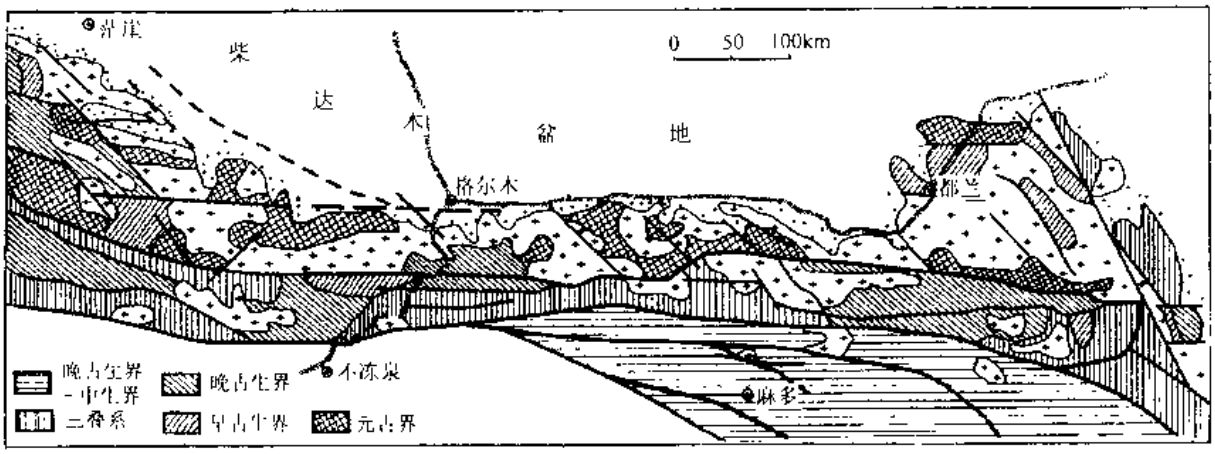


图 2 东昆仑地区地质构造简图

区内断裂构造十分发育，主要有近东西向和北西－北北西向两组，均近于平行成群出现，前者主要发育在东昆仑地区，后者主要发育在鄂拉山地区。

1.4 阿尼玛卿裂陷造山带

夹持在昆南断裂和北巴颜喀拉断裂之间。区内石炭系呈断块出露，下部为片岩(部分原岩为中基性火山岩)，上部为结晶灰岩及大理岩；下二叠统呈推覆体和断块产出，由碎屑岩、中基性火山岩及碳酸盐岩组成；上二叠统分布零星，为碎屑岩，以含龙潭煤系植物群为特征，是地台型陆相沉积；中、下三叠统由野复理石、火山岩夹碳酸盐岩组成；上三叠统缺失；侏罗系为陆相含煤碎屑岩，与下伏地层呈区域角度不整合接触。

带内大小断裂十分发育，以北西西向为主，东西两端为北西向。主要断裂近于平行产出，时而分叉、合并，致使各地层单元和次级褶皱呈断块接触。南、北边界断裂附近往往有片理化带生成，沿带发育多具片理、片麻理的变砂岩、千枚岩、片岩、片麻岩及混合岩。这些变质程度差异很大的变质岩沿断裂带断续分布，各地段变质作用强度不同，形成了多个变质中心，中心边线与断裂方向一致，而与地层走向无关。

本带东段阿拉克湖以东至德尔尼一带，有镁铁质超基性岩呈带状断续分布，形成长达

200km的超基性岩带，岩体与围岩——火山岩、砂岩、板岩及碳酸盐岩呈热侵位接触。围岩时代主要为早二叠世。

1.5 北巴颜喀拉(被动陆缘)造山带

本单元几乎全被二叠系和中、下三叠统冒地槽型沉积覆盖。岩性单一，由陆缘碎屑岩为主的复理石层系组成，地层可分性差，但厚度巨大，火山岩不发育，是典型的冒地槽型沉积。下三叠统碎屑岩、碳酸盐岩呈窄长带状出露于北侧，两侧以断裂为界，夹持在三叠系中；下三叠统"巴颜喀拉群"下亚群总体上为一套中－粗粒杂砂质长石砂岩、长石砂岩、长石石英砂岩等夹粉砂质板岩，局部呈互层。上部粉砂质板岩增多，且含有大小不等的灰岩外来岩块，与下伏二叠系为角度不整合接触，其上被中三叠统整合覆盖；中三叠统"巴颜喀拉群"上亚群由一套中－细粒长石砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩和粉砂质板岩组成，韵律明显，具类复理石沉积层系特征。

本区侵入岩零星分布，且以印支晚期的酸性花岗岩为主；中三叠世末的中印支运动，使本区抬起成陆，缺失上三叠统。三叠系主体褶皱紧密，次级褶曲和表层褶皱发育，区内断裂构造发育，主要有玛多－甘德断裂带，由一组北西西－北西向断裂组成，倾向北东，倾角55°左右；断裂带多次分枝合拢，使下二叠统呈构造透镜体产出。

2 东昆仑地区地质构造演化

东昆仑地区的地质构造特征表明了东昆仑造山带构造演化的复杂性和独特性。经历了①前寒武纪结晶基底形成与古昆仑洋演化；②早古生代秦祁昆海洋的形成演化；③晚古生代古特提斯形成演化；④中新生代滨太平洋、新特提斯叠加改造等发展阶段(图3)。其中晚古生代－中新生代构造演化与区内金属成矿关系最为密切。

2.1 晚古生代前区域地质构造演化特征

早元古代时期，在区内昆中断裂带以北的布尔汉布达、祁漫塔格等地发育了孤立的优地槽型沉积建造，具早期地壳演化阶段的某些特征。

进入晚元古代后，随着古昆仑洋壳向北发生俯冲，在古中国北方板块西段开始发生裂陷、扩张，形成了北祁连裂谷和阿尔金裂陷槽，从而将古中国北方板块分成了东部的中朝板块和西部的塔柴板块(郑健康等，1992)。晚元古代末，古昆仑洋壳向北发生俯冲加剧，引起塔柴板块南部陆缘地壳深部壳幔物质的熔融及热运动，导致柴南缘火山岩浆弧带的初始形成和高温低压变质带的出现。区内以出现大规模的花岗岩基为特征，形成了陆缘弧型活动性大陆边缘。与此同时，南方陆壳板块成为了被动型大陆边缘(昆北构造带)，发育了厚层碳酸盐岩沉积。

随着古昆仑洋壳的不断俯冲，南方陆壳板块的北部被型陆缘愈来愈处于拉张环境，在拉伸、减薄、沉陷的基础上于局部地段发生线型裂开，从而进入被动型大陆边缘发育阶段。

早古生代期间，区内构造环境与晚元古代大致相同，昆北、昆中局部裂陷海槽接受沉积，岩浆活动仍以海底裂隙式喷溢为主。经历了较长时期的被动性裂移过程，大约在早古生代末，南方陆壳板块发生了较大规模的裂开，形成了古特提斯洋雏形。早古生代末，昆

仑大洋演化结束，大部分洋壳物质俯冲消融于塔柴陆壳板块之下。在南北两大陆壳板块碰撞过程中，南部板块北部被动性陆缘的早期裂陷槽中发生了埋深塑性变形，部分壳幔物质被挤出地表，形成“S型”花岗岩(郑健康，1992)。

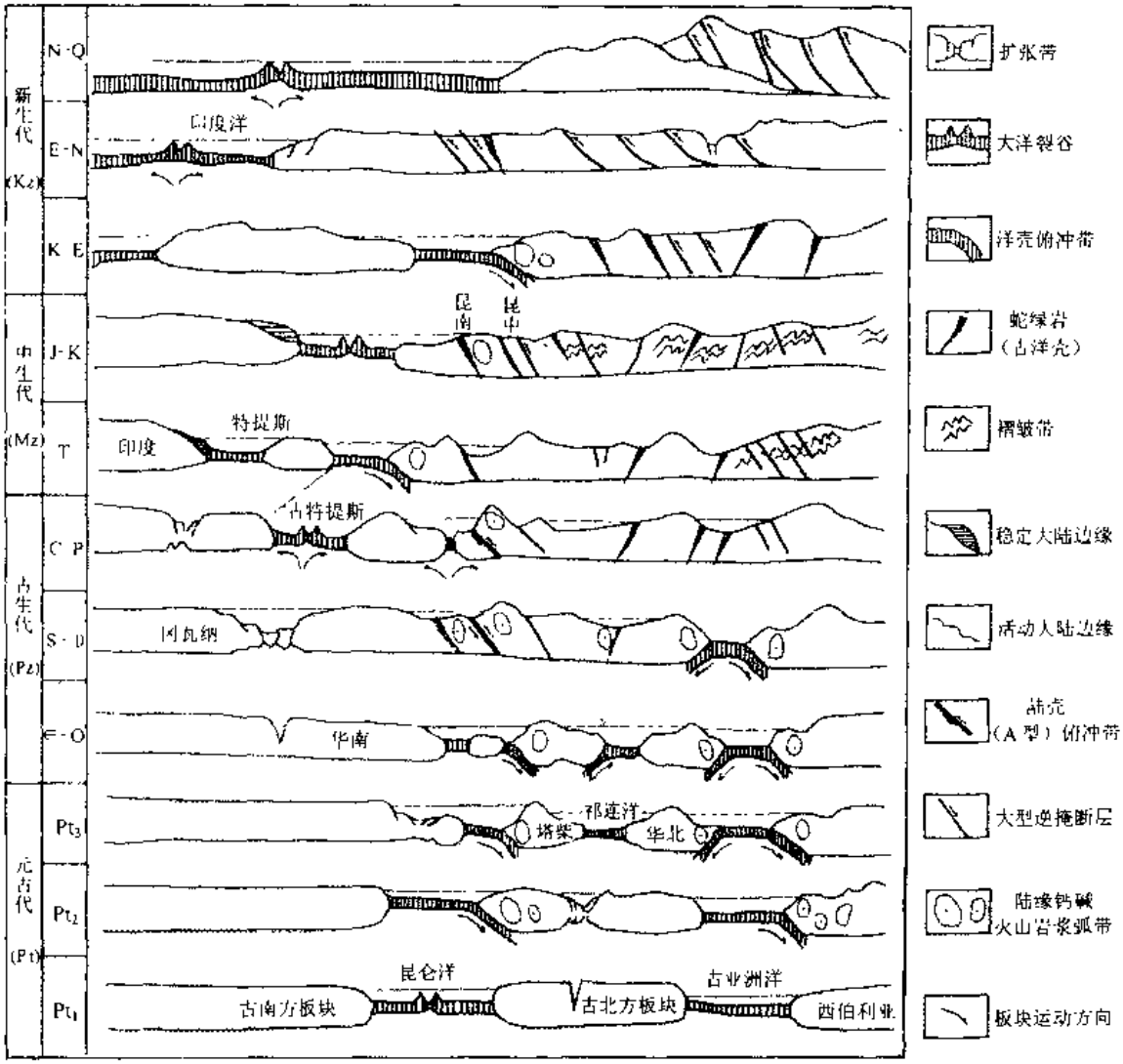


图3　东昆仑及邻区构造演化示意图(据郑健康修改)

2.2　晚古生代－中生代地质构造演化

自晚古生代以来，东昆仑地区东西向构造发育的格局缘于本区晚元古代－早古生代古昆仑洋壳向北发生俯冲造成南方陆壳板块的北部被动型陆缘形成拉张环境，在拉伸、减薄、沉陷的基础上于局部地段发生线型裂开所产生的几条区域深大断裂的存在。其中昆中、昆北断裂带最具区域构造意义(许志琴等，1996)。沿之均有构造混杂堆积和蛇绿混杂堆积，且构造片岩、糜棱岩和碎裂岩十分发育，具俯冲带构造的诸多特征。区域资料显示二者均为北倾，昆中断裂较陡(60°～80°)、昆南断裂较缓(46°～70°)。蛇绿混杂堆积发育时间，昆中断裂为华力西期，昆南断裂则为印支期。

晚古生代早期，随着古昆仑洋壳的俯冲殆尽，古特提斯洋壳不断扩张，阿尼玛卿伸展带的早期幔穹开始形成，构成了阿尼玛卿构造带北部的伸展滑覆构造格局。昆北、昆中构造带活化，沉积由稳定型到活动型；火山活动由陆内双峰式碱性玄武岩系列向钾质钙碱性及拉斑玄武系列演化；侵入活动由S型向I型过渡。昆中断裂带堆积了巨厚的的复理石建造，其中包含了大量的垮塌块体。早石炭世，阿尼玛卿和昆中伸展裂谷形成，出现洋壳。

华力西晚期，伸展裂谷收缩并开始俯冲，晚石炭世早期，昆南板片沿昆中断裂带向北俯冲，早二叠世末闭合碰撞，形成昆中缝合带。早二叠世末，北巴颜喀拉板片沿昆南断裂带向北俯冲，中三叠世末闭合碰撞，形成昆南缝合带。反映了东昆仑地区作为古特提斯北部活动陆缘，不断增生和俯冲带后退的演化过程(图4)。

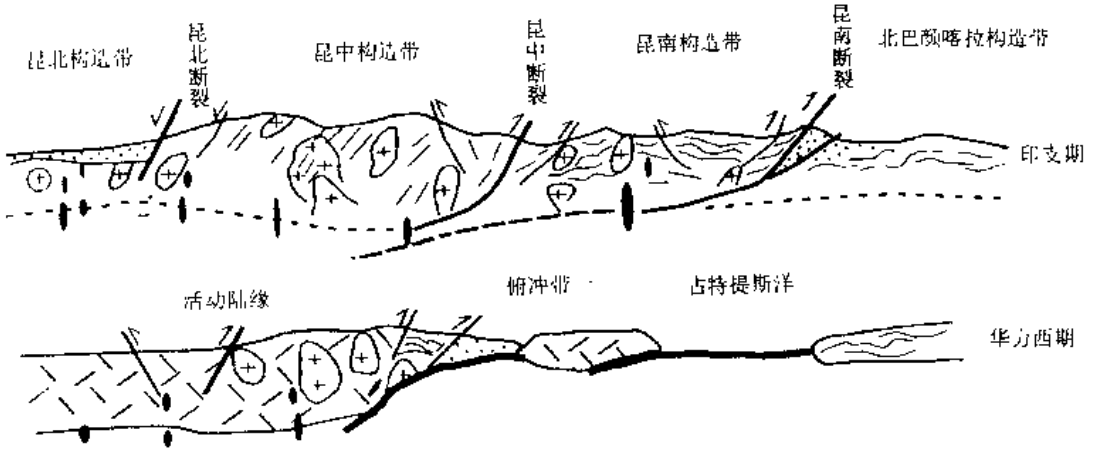


图4 东昆仑地区晚古生代—中生代构造演化示意图

到印支期末，随着昆南板片与北巴颜喀拉板片碰撞闭合、北巴颜喀拉褶皱带的形成，本区转入陆内演化阶段。晚三叠世后，受新特提斯洋壳向北俯冲的影响，东昆仑地区沿昆中、昆南断裂带发生了较大规模的陆内俯冲(A型)。正是由于昆中、昆南断裂带的俯冲作用，导致了本区华力西－印支期深成侵入岩(昆中、昆北带)和印支期火山岩与浅成岩浆岩的广泛发育。其北侧发育的华力西－印支期I型、S型和A型花岗岩，表明其经历了较完整的碰撞造山过程(袁万明等，2000)。

3 区域金矿找矿前景

3.1 区域金矿化类型及分布规律

在东昆仑地区，已发现的金矿化类型有矽卡岩型多金属伴共生金矿化、石英脉－蚀变岩型金矿化、斑岩(隐爆角砾岩)型金矿化和层控改造型金矿化四种主要类型。

矽卡岩型金矿化(多金属伴共生)主要分布在昆北带，如肯德可克、野马泉、大洪山等矿床。该类矿床产于碳酸盐岩层(O_3)与花岗闪长岩或石英正长斑岩接触矽卡岩带中，以透辉石矽卡岩化、石榴石矽卡岩化为主，金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、磁铁矿组合。

主要成矿元素为 Fe、Cu、Pb、(Au),成矿时代为华力西－印支期。

石英脉－蚀变岩型金矿化主要分布在昆中带,以五龙沟、巴隆、小干沟等金矿为代表,矿化多受北西向或近东西向脆性断裂和剪切带控制,以绢英岩化和硅化蚀变为特征,金属矿物为黄铁矿、毒砂及少量辉锑矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿。金成矿作用多与印支期浅成－超浅成岩脉(闪长玢岩等)活动有关,二者具同源、同时的成因联系(钱壮志等,1998)、成矿元素组合以 Au、As 或 Au、Sb 为主,局部出现 Cu、Pb、Zn、、(Au)组合。

斑岩(隐爆角砾岩)型金矿化产于昆中带,以托克妥铜(金)矿为代表,在祁漫塔格南缘的下柳河地区也有矿化信息显示。矿化分布于华力西－印支期钙碱性浅成－超浅成斑岩体内外的角砾岩筒(脉)或绢英岩化蚀变带内,具隐爆特征。金属矿物组合为黄铜矿、闪锌矿和黄铁矿,成矿元素为 Cu、(Au)组合。

层控改造型金矿化分布于昆南带和北巴颜喀拉构造带中,已知矿床有开荒北、东大滩、大场等。矿化多受大型剪切带旁侧的韧－脆性断裂带控制,导致矿体群在空间上呈平行斜列式展布;赋矿地层为中三叠统闹仓坚沟组(昆南带)和中下三叠统巴颜喀拉群(北巴颜喀拉带)富铁、硅质的细碎屑岩及泥质岩层中,层控作用明显。矿区岩石为低绿片岩相变质,构造变形强烈,褶皱发育,沿褶皱轴部发育有石英细脉和千糜岩,蚀变矿化即发生在石英细脉及两侧的千糜岩、碎裂岩中,金属矿物为黄铁矿、毒砂及辉锑矿,成矿元素组合为 Au、Sb、As、Hg。

3.2 东昆仑地区金矿成矿模型

从前述看出,东昆仑地区金矿化从矿床类型、时空分布上和主成矿元素组合上都显示出有规律的变化,主要表现在:由昆北到昆南(包括北巴颜喀拉带),矿化类型由矽卡岩型→石英脉－蚀变岩型、斑岩(隐爆角砾岩)型→层控改造型;成矿时代由华力西－印支期→印支期→印支－燕山期;成矿元素组合由 Fe、Cu、Pb、(Au)→Au、As、Sb、(Cu、Pb、Zn)→Au、Sb、As、Hg 的变化。

东昆仑地区作为金－多金属成矿省,其金矿成矿作用与地质构造环境演化有着密切的联系。主要成矿作用自显生宙以来表现为由裂陷喷气成矿(?)→造山期次火山岩浆成矿→造山期后沉积和低温热液成矿→新构造隆升期表生成矿的演化,显示出区域成矿地质环境的连续阶段性演化所形成的典型成矿系统－岩浆晚期热液成矿系统和改造热液成矿系统,是东昆仑地区成矿作用最本质的特征(胡正国等,1998)。

正是由于本区华力西－印支期经历了古特提斯活动陆缘由昆中到昆南断裂俯冲和不断增生的演化过程。在这一演化过程中,沿俯冲带古特提斯洋壳的俯冲作用及其引发的上盘区域岩浆作用和活动陆缘特殊的沉积环境与构造变形等动力作用,构成了区域矿产形成的主要地球动力学背景和成矿控制因素,从而使不同类型矿床得以形成,并表现出区域成矿的分带规律。对以上规律的认识,我们可初步建立东昆仑地区与区域地质构造演化相关的区域成矿模型(图 5)。模型体现了:陆缘弧前(昆南、北巴颜喀拉)的层控改造成矿、陆缘岩浆弧(昆中)与深源浅成岩浆活动有关的成矿、陆缘弧后(昆北)与重(同)熔岩浆有关的成矿作用。

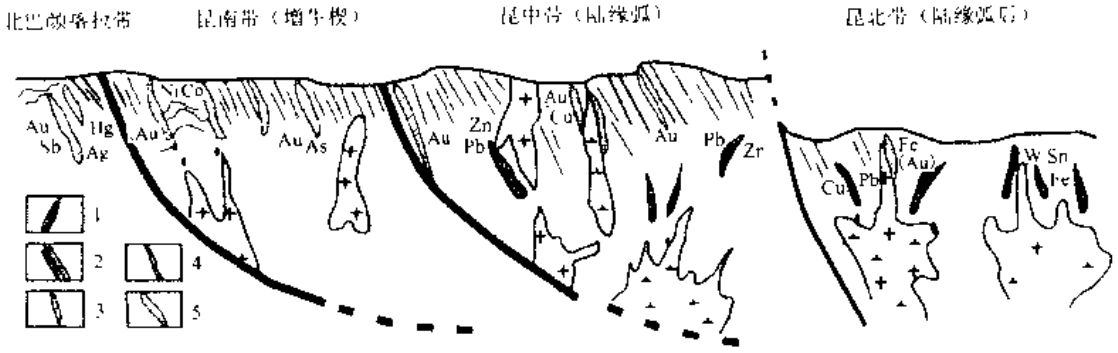


图 5　东昆仑地区金矿成矿模型(据钱壮志等修改)

1－砂卡岩型(金)多金属;2－石英脉－蚀变岩型金矿;3　斑岩(隐爆角砾岩)型;

4－裂陷喷气－沉积型镍钴(金)矿;5－层控改造型金矿

3.3　东昆仑地区金矿找矿前景分析

通过近年来对东昆仑地区的资源调查研究,特别是本区 1:50 万化探扫面及异常查证成果显示,东昆仑地区是我国具有较大前景的金矿找矿战略选区。

据 1:50 万化探扫面成果,在东昆仑东部地区已圈出以 Au、Cu、Pb、Zn、Sb 等元素为主的甲、乙类组合异常近 60 个。这些异常主要沿昆中、昆南断裂带及其两侧展布,并分别构成两个巨大的 Au－Cu 和 Au－Sb 异常带,前者主要扣合在昆南构造带的 Pt_3－O 或 C－P 火山－沉积岩系和花岗岩类侵入体上,后者则主要扣合于北巴颜喀拉构造带北缘的三叠系浊流－复理石岩系和印支－燕山花岗岩侵入体上。近年来,通过对一些异常进行查证,发现了一批重要的金矿产地(矿化线索)。因此,昆中、昆南断裂带两侧是东昆仑地区金矿找矿最具潜力的远景区。

在总结了东昆仑地区金矿化类型、分布规律和成矿模型的基础上,通过对区域地质构造演化、成矿地质背景及地、物、化、遥成果的综合分析,结合野外调查所获得的认识,以成矿地质背景为基础,以矿化信息和物化探异常为依据,在东昆仑地区圈出了 15 个金矿找矿远景区(图 6)。这些远景区是今后在本区开展金矿找矿评价的主要目标区。

尤其是北巴颜喀拉地区,是印支期被动陆缘,出露主要为三叠系复理石－浊积岩系,北巴颜喀拉晚三叠世向北俯冲于昆南和阿尼玛卿构造带下,导致低绿片岩相区域变质、变形及大规模的金－锑成矿作用。区内已发现一系列大面积、高强度的水系沉积物 Au－Sb－As－Hg 异常,主要沿昆南和北巴颜喀拉断裂带展布。目前已在东大滩、西藏大沟、大场等异常区发现了金锑矿,矿化产于三叠系巴颜喀拉群砂岩、板岩和千枚岩地层中,以砂岩含矿最好,控矿构造为北巴颜喀拉断裂左行剪切所形成的张扭性构造或褶皱轴部。显示了本区具有极好的金矿找矿潜力。

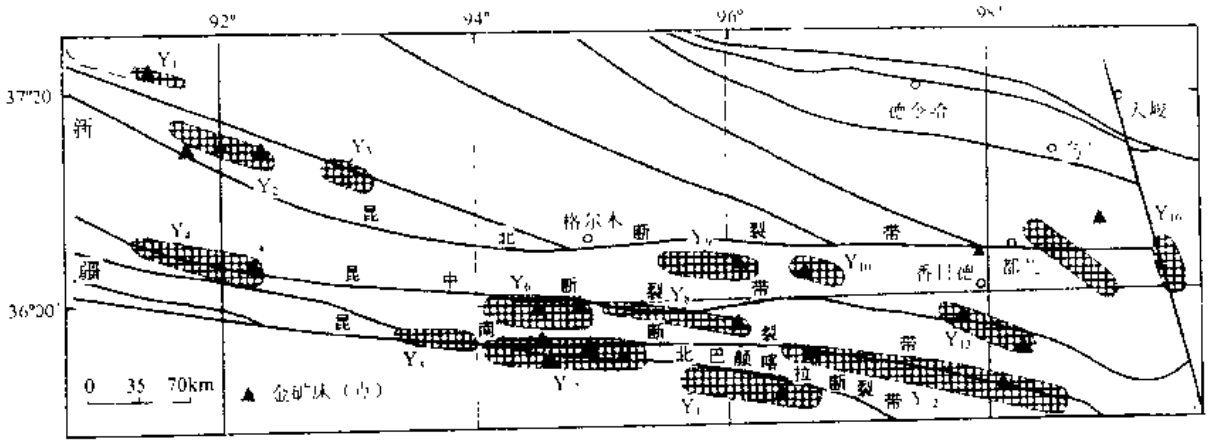


图 6　东昆仑地区金矿找矿远景区分布图

Y_1：乌兰乌珠尔山；Y_2：肯德可克－野马泉；Y_3：那陵郭勒河；Y_4：吉山峰；Y_5：东大滩；Y_6：温泉沟－纳赤台；Y_7：西大滩－西藏大沟；Y_8：大干沟－开荒北；Y_9：大格勒沟－五龙沟；Y_{10}：诺木洪河上游；Y_{11}：大场－琼走；Y_{12}：马尔争－布青山；Y_{13}：哈图－托克妥；Y_{14}：都兰；Y_{15}：乌温根－满丈岗

参考文献

古凤宝，东昆仑地质特征及晚古生代－中生代构造演化，青海地质，第 1 期，1994

胡正国等，东昆仑－北巴颜喀拉区域成矿规律及找矿工作思考，青海地质，第 2 期，1998。

钱壮志等，古特提斯东昆仑活动陆缘及其区域成矿，大地构造与成矿学，第 2 期，2000。

吴向农等，青海省区域地质志，北京：地质出版社，1991。

徐文艺等，东昆仑地区矿产资源大调查进展与前景展望，中国地质，第 1 期，2001。

袁万明等，东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录，地质论评，第 2 期，2000。

郑健康，东昆仑区域构造的发展演化，青海地质，第 1 期，1992。

基于基本规律－基础地质前提的成矿预测过程

葛良胜　李振华
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　简单回顾了成矿预测的现状和存在的一些问题，在总结当前成矿预测发展所得出的基本结论基础上，提出了基于基本规律－基础地质前提的成矿预测过程。它主要包括基本规律研究、基础地质工作、基本规律与基础地质的对应分析、基准的建立与选择、预测目标的初步圈定、预测目标的一次和二次优选、重点预测区评价等几个步骤。认为成矿预测是充当连接理论研究与找矿实践的桥梁，其存在的价值在于确定事前没有任何找矿线索的预测区，为找矿提供有效的指导，从而提高找矿的效率和命中率，缩短找矿的周期。

关键词　成矿预测　基本规律　基础地质

1　成矿预测的现状和问题

1.1　理论与实践

成矿学和矿床学的理论研究与找矿预测及勘查实践之间的是是非非，在地质学界被人们关注了近一个世纪。张炳熹先生（1999）曾对世界和中国在此领域内的发展历史和现状作过全面系统的阐述。不难看出，对于理论研究在找矿实践中的指导作用仍然是见仁见智，但具体找矿勘查实践对于理论的发展、完善所起的推动作用也难以否定。纯粹的理论研究者总是能够针对其研究的对象提出这样或那样的理论或观点，但对于这些理论如何在实践中发挥作用和发挥怎样的作用关心较少，对理论应用的边界条件也缺少明确的界定；相反，一个矿床经济学家或精明的业主总是对其通过工作所得到的实际资料以及勘查实践的现实成果感兴趣，多数并不去对资料加以系统整理、归纳、提炼和研究，并升华为理论成果。两者之间的这种各自为阵、互相指责，事实上加大了本应是相互作用、相互促进、相互联系的两方面——理论与实践的距离。矛盾的激化最终导致了成矿预测学的出现和发展，它的基本任务就是：一方面何时何地运用何种理论去指导客观实践，这种指导（应用）过程又应该如何操作；另一方面，利用大量的实践资料如何去修正、完善、丰富和发展理论，从而扮演了一个沟通理论与实践的桥梁角色。然而这一学科本身的发展却在不断地背离其主题，慢慢地演变成了纯粹性自然科学新技术、新方法的实验场，而忽略了其联系理论与实践和特别注重实际效果的根本任务。其典型的表现就是在理论应用方面，不去仔细分析研究对象的客观实际，不加选择地套用理论；同时在发展理论方面，对应用

主要作者简介：葛良胜，男 1966 年生，硕士，高级工程师，从事黄金地质和大地构造研究。

之后产生的实际效果不加评判，实际资料不予反馈。尽管成矿预测已有许多成功的应用，但是由于不注意地质学上的复杂性和多样性，将其种方法不顾具体实际、不加选择或限定的使用，因而也有很多成果不尽人意，长期下去给人一种失望的感觉。新方法就是这样的不断地提出、不断地应用而后又不加检验不断的否定或放弃。到目前为止，所提出的方法也许不下百余种，但我们面对具体地区和具体问题时，仍然有无所适从或是有大量预测成果但却不知道应该相信谁的感觉。现在总结一下目前的局面，可以这样说，如果认为成矿预测学的出现之初确实拉近了理论研究与勘查实践的距离的话，那么其发展至今已成为与这两者并驾齐驱的一门科学，在原先奔驰于马路上的两驾马车之间又加进了一驾马车。这种局面促使我们思考这样一个问题，成矿预测是否具有一个基本的过程？能不能从成矿和矿床理论研究以及找矿勘查实践本身找出一种能够普遍应用的基本方法，将它们有机地联系起来？

1.2 现实与理想

应该说大量地质成矿及相关成矿预测理论、方法的诞生得益于实际的地质工作，同时它们也被实践所部分或全部证明、修正乃至否定。在相关地质学科出现之初，这一点表现得尤为突出。目前则是这样一种状态：即已有了大量成熟的理论、观点、方法和手段，也有了大量经过反复工作，地质工作程度较高、资料积累丰富的地区，但同时大量的相同或相似的地质工作（理论与实践两方面都有）仍然在这些地区开展。由于地质科学的特殊性，显然这种工作也是必要的，特别是有针对性关注某些特殊的具体问题时。但这毕竟是工作的一个方面而不是全部。我们把上述的这样一种地区称为理想地区，相对而言，人们更喜欢在理想地区进行成矿预测工作。但是我们必须面对这样的现实，即大量的准空白区或地质工作程度不高的地区应是我们开展成矿预测、发现新的矿产资源的重点；同时也是地质科学不断发展的需要，因为长期以来在理想地区经反复工作未能解决的问题，极有可能在新区获得突破。例如，新一轮国土资源大调查工作正是面对这样的现实提出并实施的。于是便出现了现实与理想之间的矛盾。在那些类似空白区或地质工作程度不高的地区能不能开展成矿预测？如何应用现有的地质成矿理论在那样的地区开展成矿预测工作？

此外，预测与找矿之间也是一对理想与现实之间的矛盾。确切地说，预测与找矿二者并非一回事。前者是一种理想状态，是根据成矿理论、成矿规律，对可能存在矿床的理想估计；后者则更注重于实际，是运用有效的方法、手段将理想尽可能转变为现实的一种过程。找矿工作也许并不必然需要预测工作的配合，但是，如果有有效或可靠的预测成果作指导，则可能大大提高矿床发现的概率，提高找矿的效率，是谓科学的找矿。从这里可以看出，找矿是根本，预测工作则是一个充分的前提，其存在或者说开展成矿预测的价值就是应为找矿提供有效的指导。因此，找到矿之后的纯粹性预测是没有特别价值的过程。

2 成矿预测学发展的基本结论

由上所述可以看出，地质找矿工作发展到现在，存在着理论－预测－找矿这样一条工作链。认真地回顾和总结一下理论研究与找矿实践的客观历史，可以得出以下一些基本

认识。这些基本认识就是重新认识成矿预测工作，进而建立普遍成矿预测基本过程的基础。

2.1 成矿控制和成矿规律是成矿预测的基础

基于世界范围内不同类型矿床和成矿学的理论研究及其勘查实践，已总结出一系列相当成熟的基本规律，这些基本规律具有高度抽象、高度概括的特征，并具有极大限度的普遍性。它们对找矿预测和勘查实践具有实实在在的指导作用，许多是立竿见影的。尽管有许多基本规律仍在不断地完善和总结、归纳之中。

2.2 对研究对象基础地质的不断深入认识是成矿预测工作由粗到精、由浅入深的前提

借用基本理论和基本规律指导而进行的找矿或预测和勘查实践要求对研究对象有充分准确认识，所以基础地质工作对于有效的成矿预测是不可或缺的，但这并不是说成矿预测一开始就必然要有大量基础地质资料才能进行，而应该是随着地质工作的不断完善而不断深入。

2.3 目前成矿预测方法的多样性并不表明成矿预测过程的多样性

建立在充分准确和实事求是基础上的纯粹的数学地质及其他科学预测方法多种多样，但是它们所取得的认识和成果，应该是与相关地区的基础地质情况和成矿学中的基本理论、基本原理和基本规律相吻合的，这表明了存在着不依赖于具体方法的统一的成矿预测基本过程。

2.4 理想地区成矿预测应是精确预测

在理想地区开展成矿预测工作其预测的空间相对而言是较为有限的，同时这种预测工作的开展应有明确的目的，用一句话概之，就是“定位预测”，在这样的地区如果做不到定位预测，是没有意义的。例如，它首先应该在较大比例尺条件下进行，其次由于预测的基础地质资料丰富、全面，因此对预测成果有更高的要求。在区域上，应指出新矿床可能出现的位置，在点上（主要是深部）应指出新的矿体可能出现的位置，其最后的归属就是应落实到靶位上。近年来，针对理想地区开展的三维立体定位预测在这方面做了许多有益的探索，这也是成矿预测学发展的一个方向。最近国家对长江中下游地区铁铜成矿带内开展的地壳精细结构研究课题便是该项工作的基础之一。

2.5 非理想地区的成矿预测亟需开展

在地质工作程度较低地区开展成矿预测工作相对而言有较广阔的空间，尽管其目的性也可能是明确的，但对其结果却难以做出更高的要求。由于在新区的工作缺少可供借鉴和对比的实例，因此其成果不确定性更大。也正因为如此，如何在这种地区开展有效的成矿预测，是成矿预测领域另一个具有挑战性和亟需开展的课题。

由上述几点可以看出，成矿预测与找矿勘探一样，实际上是一个动态的过程，在不同的阶段和地区，应有不同的精度要求。成矿预测的基本过程应该体现出这种随着工作环境（成矿理论、找矿实践等多方面）改变而呈现出的动态变化。在理论－预测－找矿的工

作链条中，预测工作并没有地区的限制，有的只是工作环境的改变和与之相配套的结果。因此，成矿预测应该只有一种普遍的基本过程，它不因方法不同、工作地区不同而有本质上的差异。

3 基于基本规律－基础地质前提的成矿预测过程

根据以上几点基本认识，认为存在着一个普遍性的成矿预测基本过程，它通过介于基本理论和找矿勘查实践之间的基本规律和基础地质研究将这两者直接联系起来，是理论与实践之间真正的桥梁。这一过程就是：

3.1 基本规律研究

其主要任务是总结国内外尽可能多的成矿学和矿床理论所阐明的并在实际找矿勘查实践中被证明是正确的各种成矿规律。对于金矿成矿预测来说，就是研究金矿成矿在各种尺度上所遵循的普遍规律，它是一系列具体规律的高度抽象和概括，它们之中的部分甚至全部可能对于所有的金矿床都适用，因而可以应用于广泛的金矿成矿预测中，并在研究和实践中不断地得到丰富和发展。但对于具体的地区其重要性并不一致，也即其中某些部分对于特定的地区可能更重要，在不同的尺度下，不同规律应用亦有侧重。根据目前的资料，所总结出的这样一些规律主要有：

(1)似自相似性：金矿成矿从宏观尺度到微观尺度，其成矿特征(包括以下的各种规律)等方面均具有似自相似性。但这种自相似性并不严格，是定性的，这一特征限定了用数学上的严格自相似理论难以发挥实际作用。

(2)分时、分区、分带性：对某一地区而言，金矿成矿往往具有一个或几个主要成矿期，即所谓分时性；特定的成矿区带就是其分区分带性的具体表现。在研究区范围内划分明确的不同级次的成矿区带，是成矿预测的主要手段之一。近年来对成矿区带研究的发展，提出了大型或巨型矿集区的概念。同时成矿省、成矿集中区、区域地球化学块体也是在这种分区分带性基础上演变而来的。

(3)主矿集中性：在同一个区带或矿床(体)内，一般总有一个或几个主要矿化区(带)段存在；例如在一个矿田中可能只有一个或很少几个具有相当规模的矿床出现。这一规律具有等级概念，它告诉我们，在只见星星(矿点)，不见月亮(成型矿床)的地区，有找到成矿型矿床的可能性，或者在一系列小型矿床分布区，有可能发现较大矿床的可能性，依此类推；相反，如在某一地区这种规律已被证明，那么在相关地区一系列工作(基础地质工作)未突破之前，新的发现可能性就较小，这是一种动态的概念。

(4)定向排列(如斜列、侧伏、雁行、对称等)与等距再现性：这一规律通常总是与构造活动有关系，并受构造控制。

(5)相对完整性：一个成矿或矿化区带，包括其中的矿床(体)，如无外界因素影响，应该是相对完整的。例如作为一矿体，通常总是会有相对完整的边界。除了一般的脉矿体所固有的两侧边界或正常尖灭外，如果发现突然错断或消失，而使其不完整，表明被错失的部分有待发现，从而可以成为预测的对象。

(6)岩浆岩的成矿专属性：岩浆岩的成矿专属性总是相对的。在不同地区，同一类型

的岩浆岩对于不同矿种其专属性有很大的差别，它们一般通过岩浆起源及其演化特点所决定。

(7)层控性：层控规律仅适用于那些经研究确认为属于层控类型的矿床。层控性作为成矿的一种规律与矿床成因学领域的层控概念有一定的差异。前者不仅反映在具体地层的控制上面，还表现为在某些特殊地层内部由于易于形成的其它因素对于矿床的控制作用；后者习指严格受地层层位控制，也即整个地层或地层的某一部分就是矿化体。

(8)要素匹配和有机结合性：成矿或矿化区、带、段、矿床(体)所出现的地区往往是多控矿要素相互匹配，并得到有机结合的地区

(9)标志、标志组合及标志再现性：矿床的客观存在总会伴有不同类型相关的标志，但它们之间并不是一一对应的关系。

谈到标志，这里想详细讨论一下有关标志的认识。习惯上，人们对找矿标志和成矿预测标志不加区分，认为二者是同一含义。然而这却是不科学的，是将找矿与预测混为一谈的结果。我们上面提到，找矿与预测实际上并非一回事，从下面对于标志的认识阐述，可以更深刻地理解这一观点。

以前的所谓找矿标志，就是能够指示有关矿床可能存在的所有地质现象或信息的总和。找矿标志在某地区的客观存在，实际上是该地区有利成矿地质条件的必然反映，也是根据有关成矿规律推断应该存在的产物。其包含的内容十分广泛，如果把目前针对不同类型金矿床寻找所确定的找矿标志放到一起，可以发现其十分复杂，涵盖了地质学各个领域内的几乎所有研究内容。正因为如此，综合前人在金矿床领域内对找矿标志的研究，总体上看是比较模糊和混乱的，其目的也不于分明确。例如，矿床成矿预测工作应该是在相关地区或区域成矿控制和成矿规律研究基础上展开的，其依据是有关的成矿理论、规律和模型；所谓的标志，特别是找矿标志，作为一种地质客观存在，正如矿床(体)一样，也是我们根据相关成矿控制或规律能够预测的内容之一。如果在我们所提交的成矿预测区内，连反映矿床存在的一些标志都不能发现或不存在，在某种程度上可以说这种成矿预测工作就是不成功的，至少是不准确的。反过来也可以这么说，在一个地区内已经发现了许多找矿的标志，那么就用不着进行这样或那样的预测工作，也可确定其为一找矿有利地区或靶区。因此现有找矿标志中的许多并不是预测的依据，恰恰相反，而是预测的结果。所以有必要将标志划分为可以作为成矿预测依据的标志，即预测标志和可以作为找矿依据的标志，即找矿标志两类。前者是指成矿理论和原理的具体化内容，即有利成矿地质条件、控矿因素和区域成矿规律在某地区的具体化表现，根据这些我们可以预测在相关地区会存在找矿(矿床或矿化)的标志；后者则是矿床可能存在的直接或间接反映，它们虽然同成矿理论相关，但却不一定是通过理论或原理推断而出的。这类标志通常不应作为成矿预测的依据出现，恰恰相反，它们是成矿预测准确性的证据和在预测区内开展进一步工作的依据。实际应用中，当然也存在二者难以明确区分的客观情形。例如，根据某方向构造控制矿床产出的理论，在具有相似特点构造发育的地区可以成矿预测区，同时，这种构造的存在也就是找矿直接依赖的标志。

(10)成矿系列、成矿谱系和矿化类型组合：这一规律是成矿学理论研究的一种高度综合和概括，它不仅包括时空方面的，还包括物质成分方面的。长期以来，由于成矿系列和矿化类型组合等规律在成矿预测领域内的广泛指导应用，并取得了明显的效果，因此这一

规律总是人们研究的重要内容之一。

(11)构造环境成矿专属性:由于构造所具有的等级体系,因此构造环境的成矿专属性也具有等级特征 从全球(或)深部构造－区域大地构造演化－地区构造体系－一般构造系统－控矿(或)赋矿构造到控制矿体产出的具体构造,都对成矿具有专属作用。例如,在较小尺度上,张性裂隙通常就专属有石英脉充填型金矿,而压性的构造破碎带则专属的是热液交代蚀变类型金矿床,而韧性剪切构造则可能同时专属以上两种类型。在较大尺度上,板块构造环境对金矿成矿的专属作用就更加明显,内容也更加广泛。

(12)其它规律,如成矿系统等

由上总结的各条规律可以看出,它们并不是针对具体的地区或矿床而提出的,然而它们可以运用到各种具体的成矿预测工作中去。在具体工作中,应根据实际情况有选择性地使用,对适用的规律要赋予其具体的内容。此外在这里要着重强调的一点就是,对于具体地区而言,从研究对象的实际出发,发现上述普遍规律所没有包含的一些特殊性规律(认识)也是非常重要的。

3.2 基础地质研究

基础地质研究主要包括工作区的各种基础地质工作。基础地质资料的准确性和完善性是取得成矿预测成功的关键,成矿预测准确程度在极大程度上取决于基础地质资料的丰富和准确程度。因此大量、深入、仔细、客观的深入野外,开展不同方式和内容的野外地质工作,是不可或缺的。Horn(1987)曾指出,为了减少地质理论的不肯定性引起的勘查风险,就需要更多更可靠的原始地质信息,最好的办法是不带任何地质理论的框框,在野外作高质量的无偏倚的野外观察,这样做出的地质事实图(Fact maps)也许并不美观,而且有时支离破碎,但对减少勘查风险意义很大。然而,对于许多地区由于自然和社会条件的限制,我们又不可能仅通过野外地质工作全面地掌握其基础地质特征,这时,可以从区内充分准确和实事求是的其它资料方面(如遥感卫星、航片、地震、水文甚至地形地貌等)获得启示,从而深化对基础地质的认识。当然这些认识应该而且必定能从野外地质工作中不断得到修正或证实并与前述资料相互映证。具体地,基础地质工作应该结合各种性质的地质填图或剖面测量等,主要弄清以下问题:

(1)研究区的大地构造位置及区域大地构造演化;

(2)研究区及区域地层、构造、岩浆岩地质特征;

(3)矿床资源调查,典型矿床和主要矿床(点)地质特征;

(4)矿床成矿地质条件、控矿因素和成因、成矿模型和成矿系统;

(5)针对研究区的地质地理情况,有重点有步骤地开展不同比例尺和不同性质、类型的地球物理、地球化学、遥感地质、航空地质等工作;

(6)针对研究区的具体地质情况,有针对性开展技术攻关和地质科研,解决疑难问题;

(7)根据研究区的具体情况,确定工作重点(包括主攻的矿种、矿床类型、主攻区带等);

(8)其他基础地质问题等(如元素分布、地球化学块体、深部构造、壳幔结构等);

(9)矿床预测标志体系的建立等。

上述两项工作可以看成是成矿预测的前期工作,是开展成矿预测的必要基础和前提。

可以看出，这两项工作既是相互联系又是有本质区别的。基本规律研究与总结是一种普遍性工作，贵在经常性和大量的系统总结、归纳、提炼和理论深化，虽不依赖于局部的具体工作地区，但又不能脱离工作区的实际；基础地质工作则要求完全从具体工作区的实际出发，但也不能完全脱离相关的地质理论的指导。基本规律研究总是要求反映当今地质成矿理论的最新发展和研究成果，但基础地质工作则视不同地区的实际情况，应循序渐进的进行。地质工作程度的高低并不应该影响成矿预测的进行，只对成矿预测的结果起限定作用。

3.3 基本规律和基础地质的对应分析和研究

主要工作是根据现有或正在开展的基础地质研究成果，通过对应比较和深入分析，从基本规律中选择适用于本区的项目，并根据工作的实际情况加以具体化、专门化。主要解决两个问题：一是基本规律中的哪些规律能够适用于本区？如果适用，那它们又有哪些具体内容？适用的程度又如何？二是本区是否存在基本规律中没有包含的一些特殊的只适用于本区的成矿规律？成矿规律的具体化工作主要指针对工作区而言，基本规律的具体表现，如：如存在等间距性规律，那么它是由什么具体因素控制的？如是构造控制，那么控矿构造的方向、性质、规模、活动特点及其间距大小等如何？如存在岩浆岩成矿的专属性，那么它又如何具体专属的？等等。

3.4 建立预测基准和选定预测的基准

有了以上三个方面的基础，我们就可开展具体的预测工作。它可以划分为两种情况：一是理想地区或半理想地区，具体表现就是在工作区地质工作程度较高，有成型的矿带（区）、矿床（点、体）等，或者虽然为没有成型的矿床（点），但有较多的矿（化）点或矿化线索。对于这样的地区，建立基准的工作相对简单一些，对区内典型矿床（点）的解剖、研究，实际上就是结合基本规律和基础地质两方面的内容，建立基准的过程。这样建立的基准可以有很多（种）个，包括了区内主要的或有代表性的成矿实体。二是地质工作程度较低的地区甚至是空白区，那里可能连一个矿化点甚至一个矿化线索都还没有，抑或有，也是相当零星或不具代表性或不成型。对这样的地区如何建立基准呢？这就只有结合大量基本规律和现有基础地质成果，从理论上建立。例如，根据基本规律，线环型构造交切部位、某种成因类型（结构构造、产状、规模等）的岩浆岩内外接触带是相似环境下成矿的有利部位，同时又符合相关的岩浆岩成矿专属性特征，那么就可以将上述这些要素相匹配（组合）的地区确定为一个（或多个）基准；同时根据其它的规律还可以确定其它的基准，显然这样确定的基准也会有多（种）个。但是并不是所有这些基准都可成为预测的基准，因此，对基准还有个选择的过程，以选择能够成为预测目标的基准区或点（应注意的是，这里所讲的基准区与过去在成矿预测中所说的模型区并不是一回事，可能不会严格等同）。研究表明，基准的建立与选择对于开展正确的成矿预测是关键的一环，基准建立和选择的恰当性直接影响预测结果的可靠性，因此在建立和选择基准时应十分谨慎小心。通常基准建立和选择应考虑以下几个方面的前提条件：

（1）一般的基准应在现有的成矿集中区（带）或矿床（点）分布区中建立和选择。也就是说，在理想地区，基准应该包含预测目标的具体实例（对于地质工作程度较低的地区，不

要求如此，但显然基准区内应最有可能存在这样的实例）。所以从这个角度说，基准区是当然的成矿预测区（对于地质工作程度较低的地区，显然建立和选择基准就是预测工作的组成部分，这个预测过程可以称之为模拟预测）。之所以要选择，是因为并不是所有这些地区都能成为基准，如果不加分析地将所有这些地区都做为基准，势必会掩盖本质，看不清脉络。

（2）基准的尺度（级别或规模）要与预测目标的尺度（级别或规模）一致。例如主要工作任务是矿体预测，那么建立和选择的基准也应是矿体；若主要任务是预测矿床，基准就应该选择矿床；要圈定找矿远景（预测）区或靶区，基准就应该选择已有的矿田、矿带、矿化富集或集中区等。在地质工作程度不高的地区，一般不会有矿体级别（规模）的预测基准，而中小比例尺的基准占主要地位，理想地区则相反。

（3）基准应尽可能多地满足或符合基本规律及其具体内容的限定，具有足够的代表性。例如如认为矿床分布具有等间距规律，那么所选定的基准就应该是这种规律中的一环，据此可按照等间距性向外推定其它预测区的大体位置。

（4）对于地区性的特殊规律，可以选择与其相应的基准。

（5）不同类型的预测对象应有不同的基准。例如在同一地区内既要预测与火山一次火山岩有关的金矿，又要预测与某某地层控制有关的层控型铅锌矿床，那么就应该根据这两种矿床分别选择不同的基准。所预测的对象与所选择的基准之间应尽可能多地具有共性。

（6）符合条件的基准区应尽可能多地选择，以充分体现规律的适用性、针对性和增加预测成果的说服力及可信度

（7）其它条件。

3.5 预测对象的初步圈定

根据前面的基本规律，比照所选定的基准，就可以在工作区内圈定预测对象。其具体的工作就是根据工作区的比例尺及工作性质，选用前面所述的基础规律中的相适应的某些条项，在研究区内广泛全面的圈定预测目标（我们称为三级目标）。基准区作为当然的成矿预测区首选就可以圈定。从纯粹性的基本规律角度上说，所圈定的这些目标都可能是有价值的。很明显，这样圈定的预测目标将是大量的而没有优劣之分，真正有效的目标，仅靠这样的圈定显然是不够的，还必需在此基础上进行优选。

3.6 预测目标的一次优选

在所圈定的三级预测目标基础上，依据研究区的基础地质情况和基准的具体控制因素、找矿标志等，就可以对其进行一轮优选，这样选出的地区，我们称为二级预测目标。显然，这些地区就结合了具体地区的基础地质特征，具有一定的可进一步工作的价值。但是，除基准区外，其它的预测区要成为立即有效的找矿勘查目标，其前提还不够充分。

3.7 预测目标的二次优选

在二级预测目标的基础上，综合运用基本规律和基础地质特征，并充分考虑典型矿床和基准点性质，依据野外实际工作成果，可以确定找矿靶区，我们称之为一级预测目标。

经过多次优选之后，预测目标的地质特征、成矿地质背景、成矿地质条件、控矿地质因素愈来愈接近基准区，但从现有工作程度上说，它不可能比基准区更为优越。因此无论怎样优选，始终不会把现有的基准区选掉。然而，这并不能保证通过将来的深入工作之后，基准区的地位会保证不变，同样在逐步优选过程中被淘汰的预测目标通过以后的深入工作，也可能改变其地位而成为重点，其之所以被淘汰或者是因为其本来就不具备相应的条件，或者是因为其地质条件尚未搞清楚。多次优选后所确定的预测目标上，可按照有关地区的实际情况，考虑进行登记并部署和开展进一步的相关工作。

3.8 重点预测目标评价

对于经多次优选所确定的重点目标，其中肯定包括现有的基准区，应作出相应的评价意见。

对于新圈定的预测区，评价的主要内容包括为目标的可信度评价、远景评价、资源量估算、社会和经济意义、下一步工作的安排建议等等；对于基准区则注重新发现矿床的可能性、找矿远景、现有矿床资源潜力，如深部或外围的情况以及相关工作的具体安排意见等。

根据工作区性质和研究任务，对预测目标的优选过程是可以尽可能多地进行下去，以使之更加可靠、更加准确、更加完善。另一方面，随着地质研究、基础地质工作或找矿勘查实践的不断深入，对预测工作可以随时进行，并不断地加以补充和完善，特别情况下甚至可根据最新取得的可靠成果重新进行预测工作。此外，对于那些被优选掉的预测区，也不应该轻易放弃，首先要考虑其被优选掉的主要原因，是由于工作程度较低，还由于工作程度已经较高，但却不具备找矿的有利条件。特别是对于前者，应有辩证的分析。

4 讨论

(1)以上基于基本规律和基础地质前提的成矿预测过程，反映的成矿预测的普遍性的基本程序。这一基本过程适用于所有性质的成矿预测工作，但显然针对不同地区、不同对象、不同性质的成矿预测有其具体的内容。例如一个综合性的成矿预测可能涉及上述的多个甚至全部方面，它们通常与基础性的地质工作联系更为紧密一些，但针对特定目的的成矿预测则可能只涉及到其中有限的方面，它们同专门的地质研究工作联系更多。

(2)以综合信息为基础的成矿预测更多地关注找矿信息，由于信息的广泛包容性，虽然对于以成矿控制为基础的成矿原理也会考虑，但它更多地依赖找矿标志，因此它对成矿基本规律的反映不会深入，特别是在信息不全的地区。例如根据基本的成矿规律(譬如等距性规律)可以圈定若干个成矿预测区，但由于该预测区可能缺乏综合信息(特别是找矿标志)，用综合信息预测的方法就很难将这些地区圈定出来；同理，在工作程度较低的地区，也是因为缺乏足够的信息，传统的综合信息预测也难以发挥作用。

(3)将系统科学、模糊数学、分形理论、数理统计学等的理论与方法应用于成矿预测一般应有专门的针对性，即通过对成矿和矿床的研究，其在理论上确实附合相关规律和数学原理的地区或矿种等。由于地质科学特别是成矿的多样性和复杂性，也许建立在大量信息基础上的统计规律是明显的，也正是如此，在局部或专门化的成矿预测研究中或者在地

质上由于工作程度不够还难以用大量资料统计建立相应数学规律的地区，这些方法的应用有很大的局限性。

(4)地球化学工作严格地说是一种找矿手段，而不是成矿预测方法。它是作为基础地质工作的一个重要组成部分，在找矿中加以应用的。因此它们所提供的信息是找矿信息(标志)，而不是成矿预测的前提。理论上说，它们应该在成矿预测工作之后用为预测成果验证的一种手段加以开展。正如前面已经提到的，预测区内如果没有地球化学的异常存在，可能就表明了预测不成功。反之，有了有利的地球化学异常，其作为找矿有利地区自然就不必再开展成矿预测了。与地球化学不同，地球物理资料则具有找矿和预测两方面的属性。地球物理结果由于反映了地下深部的地质作用过程，其与成矿地质事件相关，它可以作为成矿预测的根据，另一方面，由于地球物理资料也能反映找矿的直接线索，因此，它又可用作找矿手段存在。

新疆东北部板块运动特征分析

郭晓东　徐燕夫　陈孝强
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　新疆东北部处于特殊的大地构造位置，经历了多期复杂的板块构造活动，不同时期的蛇绿岩带，记录了不同时期洋盆的发生、发展、大陆增生及演化历程。板块之间不同的运动方式，往往伴随着不同的构造活动、沉积作用和岩浆作用，进而形成不同的矿种类型。本文基于对前人资料的查阅分析，仅对新疆东北部板块运动特征作一探讨。

关键词　板块运动特征　新疆东北部

新疆东北部属于欧亚板块的一部分，主要由地块和褶皱带两类地质构造单元组成。塔里木地块和准噶尔地块处于阿尔泰、天山和昆仑三大褶皱带之间，吐哈微地块嵌于天山褶皱带之中（黄汲清等，1990）（图 1）。地块具有前寒武纪变质基底，地块之间的褶皱带或

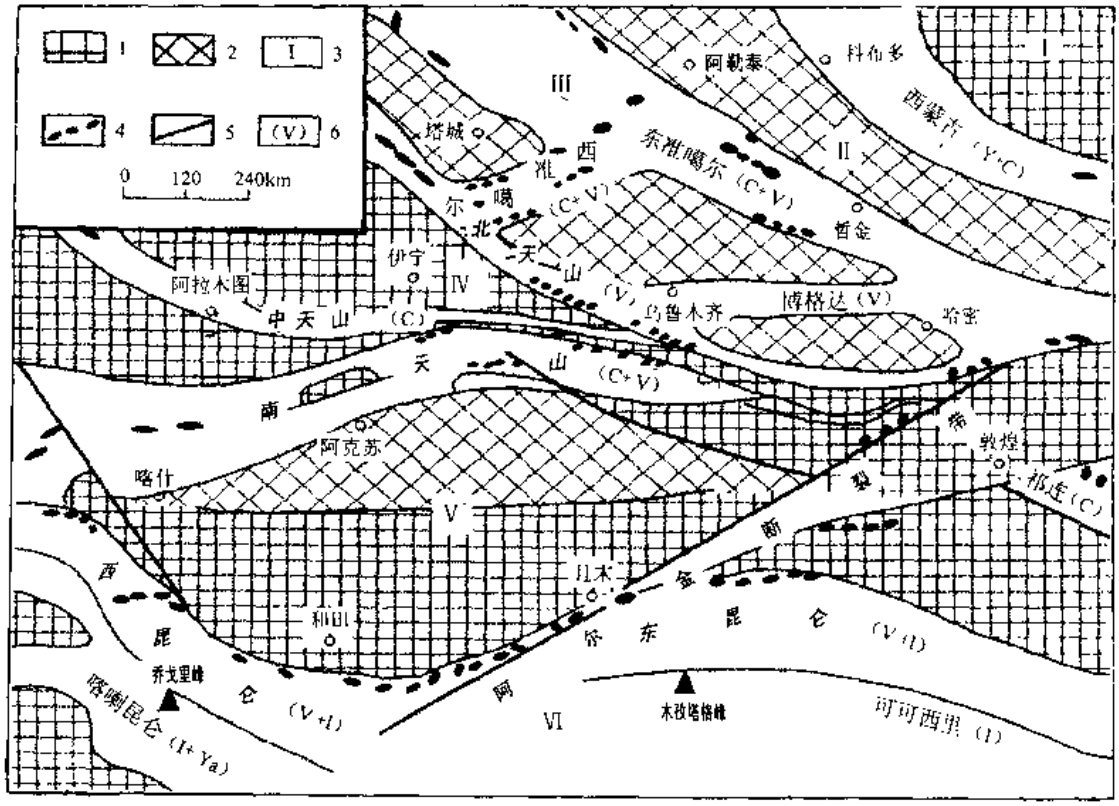


图 1　新疆及其邻区大地构造简图（据黄汲清修编）

1 - 长城纪基底；2 - 前寒武纪基底；3 - 大地构造单元及编号；4 - 蛇绿岩；5 - 断层；6 - 褶皱带（Y - 扬子旋回；C - 加里东旋回；V - 华力西旋回；I - 印支旋回；Ya - 燕山旋回）；I - 西伯利亚板块；II - 阿尔泰褶皱带；III - 准噶尔地块；IV - 天山褶皱带；V - 塔里木板块；VI - 昆仑褶皱带

作者简介：郭晓东，男 1969 年生，工程师，主要从事构造地质及成矿预测研究。
注：文中各大地构造单元名称均引自黄汲清等，1990。

造山带是大陆岩石圈分裂、聚合、焊接、碰撞褶断成山地带，许多板块缝合带，具有不同的形成时代及演化历史，而分布于缝合带内的蛇绿岩等记录了该区不同时期洋盆的发生、发展、大陆增生及演化历程。因此，研究这些地块之间的运动特征以及它们之间的时空关系及演化历程，对于在该区进一步开展基础地质研究及地质找矿工作具有一定的指导意义。

新疆东北部板块构造活动可以追溯到中晚元古代(王作勋，1986)，在古生代及中生代板块构造活动最为复杂，至中生代后期，全区形成统一陆壳，进入板内发展阶段。

1 元古代板块构造活动

中晚元古代，分布于塔里木北部及南天山的海域称为元古南天山洋，元古南天山洋向东可能延至柴达木地块北缘(图2－a)。元古南天山洋之南为元塔里木板块，相当于塔里木盆地的南部基底及柴达木盆地基底。元古南天山洋之北为元古准噶尔板块，包括准噶尔地块、中天山及阿尔泰地区。在元古塔里木板块及元古准噶尔板块的部分地区发育中

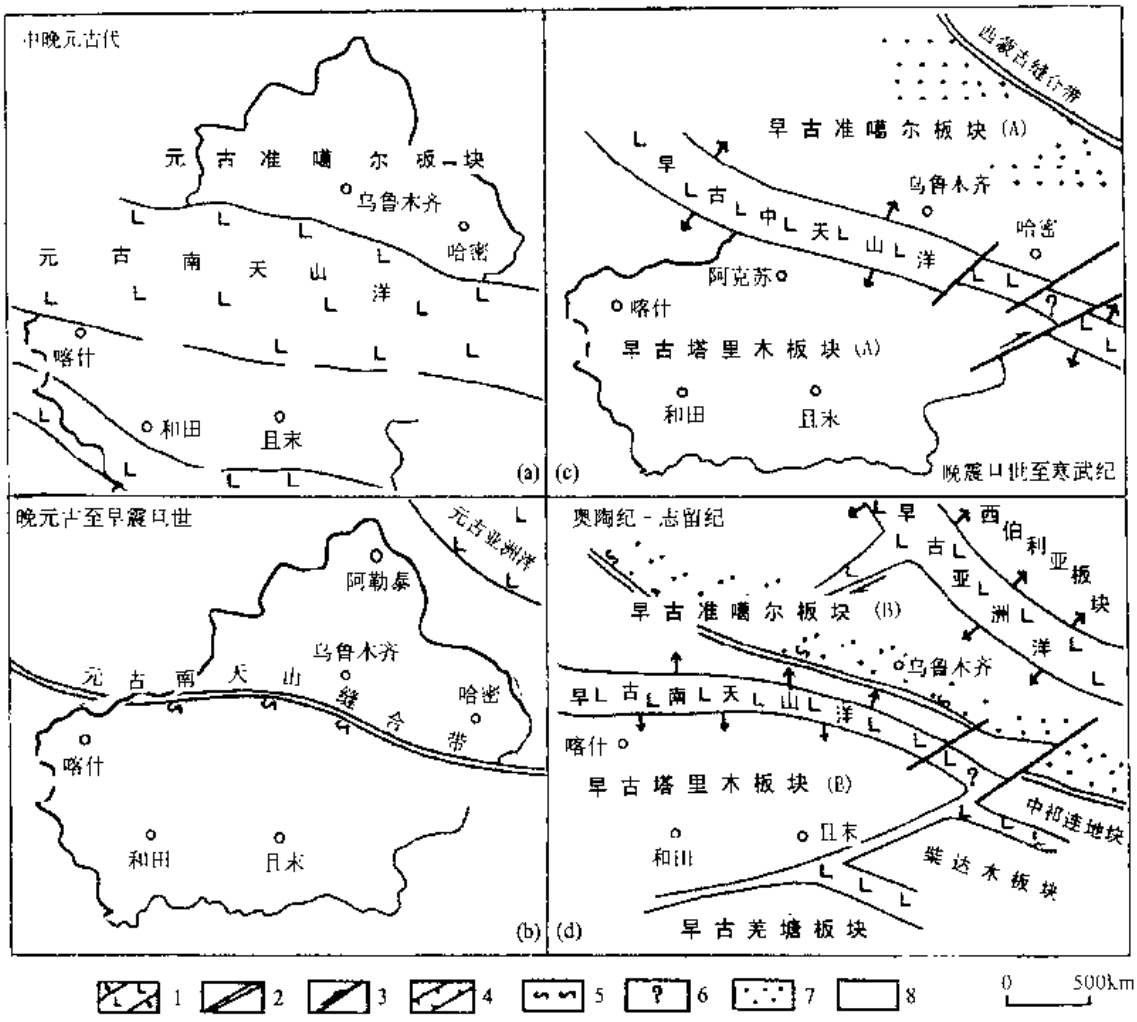


图2 新疆及邻区板块活动示意图(转引黄汲清)

1－洋区及扩张方向；2 缝合带或蛇绿岩带；3－走滑断层；4－裂谷带(见图3)；5 蓝片岩及绿片岩；6－陆壳区；7－复理石；8 性质不明

上元古界(长城系、蓟县系、青白口系)陆源碎屑岩及钙镁碳酸盐岩(陈哲夫,1985)。在元古南天山洋中分布着岛状地带,包括贴尔斯基山、霍拉山及库鲁克塔格等微地块,微地块北侧发育以复理石及基性火山岩为主,夹深海碳酸盐岩沉积,微地块之南,即元古塔里木板块北缘发育以复理石为主夹基性火山岩沉积(中国科学考查队,1985)。形成了以基性火山岩为主的建造序列(王作勋等,1986)。

在元古塔里木板块之南为元古昆仑洋,发育一套中晚元古代绿片岩——低角闪岩相变质地层。

元古昆仑洋之南为元古界羌塘板块。

晚元古代末,元古南天山洋及元古昆仑洋消减。元古南天山洋洋壳向北俯冲,下插于元古准噶尔板块之下,其缝合带沿中天山南缘断裂带分布,沿缝合带发育蛇绿混杂岩带,蓝片岩高压变质带,在元古准噶尔板块南缘即中天山发育中酸性侵入岩带。

元古南天山洋的闭合褶皱,使元古塔里木板块与元古准噶尔板块拼合在一起。同时,位于元古塔里木板块与元古羌塘板块之间的元古昆仑洋洋壳也向北俯冲消减,使元古羌塘板块拼贴在元古塔里木板块之上,形成一个新的陆壳区,称为元古新疆板块。西延与元古哈萨克斯坦板块相当。

晚元古代至震旦纪初,元古准噶尔板块与西伯利亚板块之间陆壳发生分裂及扩张,形成元古亚洲洋(图2-b),其北侧为西伯利亚板块,南侧为元古新疆板块。元古南天山洋的消减及封闭与元古亚洲洋的产生和扩张,两个事件在元古准噶尔板块两侧同时发生,表明元古南天山洋的封闭是元古亚洲洋的打开及扩张所致,这种洋盆的开与合在时间上的同步与空间上的互补,反映了地球岩石圈在空间上的均衡调节作用,即一个新洋盆的打开必将往往伴随有一个旧洋盆的消亡,以保持岩石圈的总体平衡。

2 早古生代板块构造活动

晚震旦世至寒武纪,元古新疆板块出现分裂和扩张。在寒武纪,元古新疆板块扩张带进一步扩张,形成早古中天山洋(图2-c),与哈萨克斯坦境内的纳曼-热拉依尔洋相当。其东延使阿拉善地块与柴达木地块分裂,形成北祁连洋。早古中天山洋将元古新疆板块分成两部分,北侧形成早古准噶尔板块(A),南侧为早古塔里木板块(A)。同时,元古新疆板块北侧的元古亚洲洋转入闭合阶段,洋壳向西伯利板块俯冲逐渐消减,形成西蒙古缝合带。在早古准噶尔板块(A)北缘的前陆盆地形成以陆源碎屑岩为主的震旦系-寒武系沉积盖层。

以上表明,从晚元古代至寒武纪,元古准噶尔板块经历两次方向相反的运动,在晚元古代从北向南移动,在早古生代变为从南向北移动。当其向北运动与西伯利亚板块拼合时,成为西伯利亚板块的一部分,使西伯利亚板块南界南移,当其向南运动时,与西伯利亚板块分离拼贴于塔里木板块之上,使塔里木板块南界向北移。显示了两大板块之间小型板块摆动的活动特征。

奥陶纪,早古中天山洋转入收缩阶段,洋壳向南俯冲,奥陶纪末,洋壳全部消减,成为残余海区。表现在早志留世复理石建造不整合于奥陶纪火山岩之上。南天山地区以陆源碎屑沉积及碳酸盐岩沉积为主。当早古中天山洋向南俯冲消减时,南天山地区成为弧后

扩张区。在志留纪晚期，南天山弧后盆地扩张形成弧后小洋盆，为早古南天山洋(图 2－d)　与其对应在阿尔金断裂带以东形成南祁连洋。

早古准噶尔板块(A)北部，包括阿尔泰、东准噶尔及北山地区北部，奥陶系发育一套弧后盆地沉积－火山建造系列。在阿尔泰山下－中奥陶统为海相陆源碎屑岩复理石建造及火山岩建造，变质为结晶片岩、绢云绿泥片岩、变余砂岩夹石英斑岩及大理岩(陈哲夫，1985)，在东准噶尔及北山北部，火山岩及火山碎屑岩增多，变质程度降低。上奥陶统在阿尔泰西部出露，下部为杂色中酸性火山岩和火山碎屑岩，上部以粉砂岩为主夹灰岩。志留系以复理石建造为主，以含图瓦贝动物群化石为特征。

中晚奥陶世，为弧后盆地的阿尔泰及东准噶尔地区进入扩张阶段，产生弧后小洋区，称为早古亚洲洋，使之与西伯利亚板块分隔。此时，中酸性及中基性火山活动频繁，以岛弧型和弧后扩张带火山岩为特征。北山北部月牙山一带见横蛮群蛇绿岩，在西部为玄武岩、细碧岩夹碧玉岩。

另一方面，在早古塔里木板块(A)南部。昆仑山区在奥陶纪为扩张环境，产生新的洋区为早古昆仑洋。洋的南侧为早古羌塘板块。

志留纪末至泥盆纪初，早古南天山洋、早古亚洲洋、早古昆仑洋消减闭合，洋壳残片为南天山蛇绿岩带(南天山缝合带)，北山北部蛇绿岩带(东准噶尔缝合带)这样，早古准噶尔板块(B)，早古塔里木板块(B)，和早古羌塘板块拼合在一起，为晚古新疆板块，标志着晚古生代的开始。

3　晚古生代板块构造活动

早－中泥盆世，位于晚古新疆板块北部，阿尔泰褶皱带南侧的扩张区，在晚志留－早泥盆世时为前陆盆地，沉积了一套复理石建造系列。在东准噶尔地区发育火山碎屑岩，中酸性火山岩夹灰岩。到中泥盆世，阿尔曼太一带出现中基性火山岩、浊积岩及蛇绿岩套。哈拉通克一带的中泥盆统以基性火山岩、放射虫硅质岩及深海浊积岩为代表，晚泥盆世为浅海相及交互相碎屑岩。东准噶尔地区的扩张活动在中泥盆世达到高潮。另一个扩张活动中心在西准噶尔，西准噶尔在泥盆纪所形成的建造系列与该区奥陶纪、志留纪的建造系列基本一致。即蛇绿岩建造上下均为复理石建造，该建造系列的一致性表明本区陆壳的多次开合运动　上述情况表明，东、西准噶尔洋区是在陆壳基础上扩张分裂而成，称为泥盆亚洲洋(图 3－a)。到了石炭纪，新疆及邻区板块构造活动进入到一个新的时期。晚古新疆板块北侧的泥盆亚洲洋(东、西准噶尔洋)，洋壳向西伯利亚板块俯冲闭合，形成克拉麦里缝合带。在早石炭世晚期至中石炭世初期，准噶尔盆地南缘发生扩张，产生新的洋壳区，称为石炭亚洲洋或北天山洋(图 3－b)。

在晚古新疆板块南部，发育着另一条石炭纪的扩张带巨厚的浊流沉积和蛇绿岩是其标志，称为石炭昆仑洋或石炭特提斯。

石炭亚洲洋、石炭昆仑洋这两个新生洋区将晚古新疆板块分为三部分，即晚古准噶尔板块、晚古塔里木板块及晚古羌塘板块。

中石炭世晚期(图 3－c)，北天山石炭纪亚洲洋转入闭合阶段，洋壳向塔里木板块俯冲，形成以复理石为主沉积建造，覆于蛇绿岩套之上。北天山石炭纪亚洲洋的洋壳残片沿

北天山蛇绿岩带断续分布，标志着古亚洲洋的最后消失，晚古塔里木板块与晚古准噶尔板块拼合，与西伯利亚板块成为一体，北天山蛇绿岩带是西伯利亚板块与塔里木板块的最后缝合带。

晚石炭世至早二叠世，石炭昆仑洋（或石炭特提斯）向塔里木板块俯冲，最后完全闭合，形成昆仑海西造山带，为昆仑北缘缝合带，使晚古塔里木板块与羌塘板块拼合，缝合带为西昆仑北缘蛇绿岩带及东昆仑中间蛇绿岩带。与此同时，昆仑海西造山带之南的复理石盆地发生扩张，羌塘板块与昆仑造山带分离，形成亚昆仑海槽，亚昆仑海槽与羌塘板块之间为北特提斯小洋盆（黄汲清等，1987）。

晚二叠世末至三叠纪初，可可西里构造区北移，北特提斯小洋盆及亚昆仑海槽封闭。新的扩张带在可可西里构造区之南出现，沿龙木错－玉树一带形成新的洋盆，其南为羌塘板块（图3－d）。

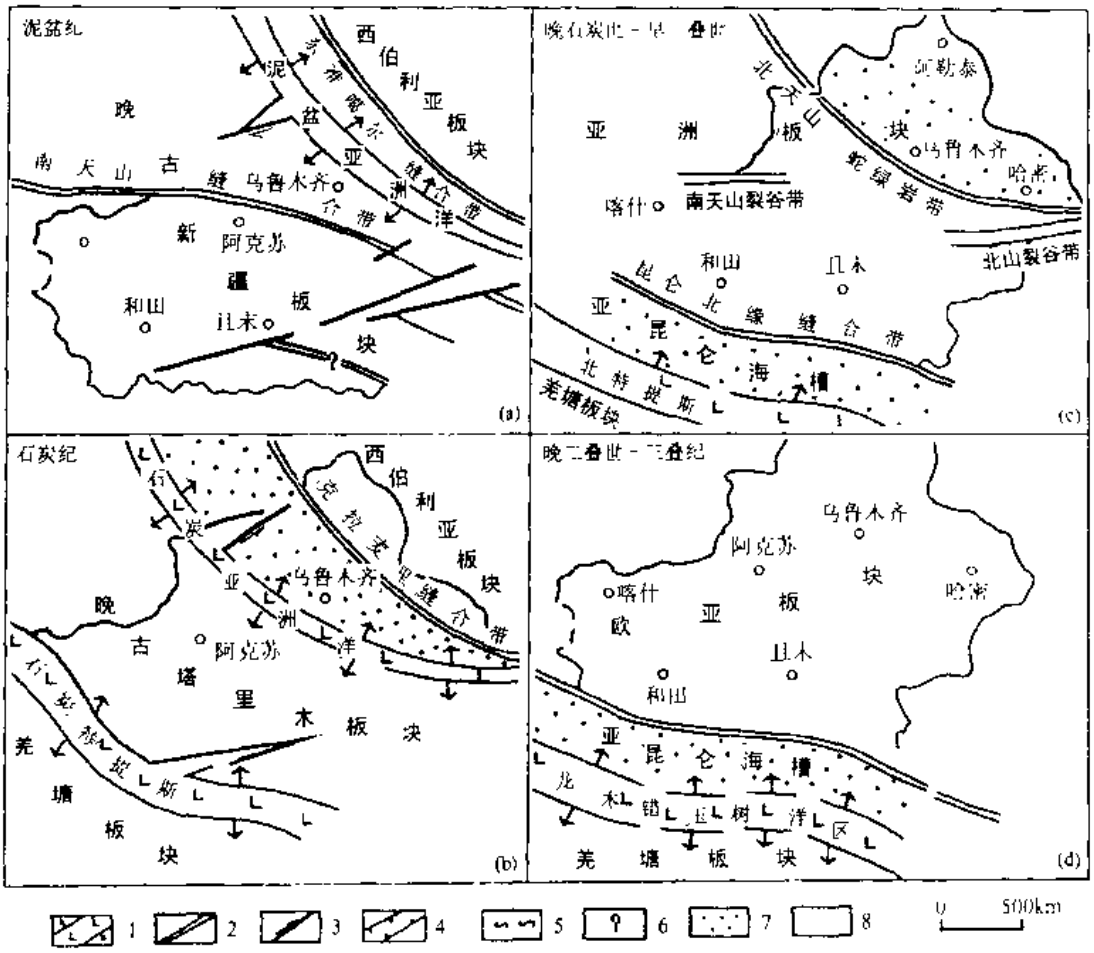


图3 新疆及邻区板块活动示意图（转引黄汲清）

（图例同图2）

4 中新生代板块构造活动

中三叠世由于其南可可西里－金沙江洋的扩张导致该洋盆转入闭合，洋壳消减，上复理石建造及滑塌层形成，形成了龙木错－玉树缝合带。

从侏罗纪开始，新疆及其邻区形成统一陆壳，进入板内发展阶段。事实上，石炭纪晚期，新疆北部的准噶尔、北天山及南天山等小洋盆及陆间残余海盆相继闭合，原来被分离的陆块再次焊接在一起，已经进入板内构造演化时期，由于北侧西伯利亚板块的向南推挤及南侧特提斯构造的影响，伊犁、塔里木、准噶尔和吐鲁番－哈密等陆块相继下降，形成一系列的中新生代沉积盆地，堆积了厚度不等的上叠、中、新生界沉积，成为石油天然气及煤等能源重要聚集区。

总之，新疆东北部板块构造活动，经历了多次复杂的板块分裂、聚合、俯冲、碰撞及褶皱成山的开合过程，每一次洋壳板块的消减及闭合形成相应的缝合带及蛇绿岩带。一个新洋盆的产生往往伴随着一个旧洋盆的消亡，这种洋盆的开与合在时间上的同步和空间上的互补，反映了地球岩石圈在空间上的均衡调整作用，以保持岩石圈的总体平衡，属于统一的地球动力学背景。

参考文献

陈哲夫等，中国新疆维吾尔自治区地质图及说明书．北京：地质出版社，1985。

黄汲清，姜春发等，新疆及邻区板块开合构造及手风琴式运动，新疆地质科学，北京：地质出版社，1990

任纪舜，姜春发等，中国大地构造及演化，北京：科学出版社，1980。

王作勋等，中国天山大地构造演化概述，北京：地质出版社，1986。

肖序常，汤耀庆等，新疆北部及其邻区大地构造，北京：地质出版社，1992。

中国科学院登山科学考查队，天山托木尔峰地区的地质及古生物，乌鲁木齐：新疆人民出版社，1985。

对西部地区金矿找矿规划和找矿区划工作的思考

白万成

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　根据矿床发现的一般规律，认为我国西部地区的金矿找矿工作应从制定科学的找矿规划入手，加强各主要成矿区带的找矿区划工作，“面中求点”和“以点带面”相结合，优化找矿布局，实现金矿找矿工作的可持续发展。

关键词　金矿　区划　规划　中国西部

国家实施西部大开发战略，为我国西部的黄金地质工作注入了新的活力。毫无疑问，在今后相当长的一个时期内，西部地区将是黄金部队金矿找矿工作的主战场。但西部地域广大，总体地质工作程度较低，而且各地工作程度差别很大，以黄金部队有限的队伍和资金投入，如何在西部找矿工作中不断优化找矿布局，加快找矿进程，提高找矿效益，是一个值得研究的重要课题。笔者从矿床发现的一般规律出发，结合对西部地区金矿地质工作程度的了解，对该问题进行了粗浅的分析、思考，旨在抛砖引玉，引起大家的重视和探索。

1　关于找矿规划

据指挥部战略地质调查组对全国金矿成矿区带的划分方案，西部12省市区至少涉及25个金矿成矿区带。近期内在这些成矿区带上全面展开工作是不现实的，在决定取舍、进入的先后顺序和工作重点地区时，就有一个科学规划的问题。成矿地质条件、前人工作程度、社会效益优先等都是应当考虑的因素，但找矿作为一种经济活动，用最少的投入尽可能多地发现矿床是找矿工作永远追求的目标，更何况西部大部分省区都有多个成矿区带可供选择。地质找矿，重在发现。显然，能更多、更快地发现金矿床是选择的首要考虑因素。

找矿是一种科学发现过程，遵从科学发现的一般规律。蒋志(1996)曾给出了描述科学发现过程的一般方程：

$$\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t}=km(M-m)$$

如果用来分析一个地区(如成矿带)的金矿床发现过程，可表述如下：一个地区内共有M个金矿床，已经发现了m个，则一定时间内发现矿床的概率与剩余的矿床数成正比，与已发现的矿床数成正比。这是容易理解的，已经发现的矿床越多，我们对该区金矿床的特征、找矿标志和成矿规律的认识就越深刻，因而进一步找矿的成功率就高。但是，找到的矿越多，剩下的矿就越少，进一步找矿的难度也增大了。而参数k的含义表示认识强

度，对于一个找矿单位来说，k 与这个群体所处的知识水平有关，也与这个群体对知识的吸纳转化能力有关。

一个地区矿床发现过程的理论曲线如图 1 所示。在时刻 t_1 之前，由于发现的矿床很少，可利用的资料、认识也很少，因此发现矿床的概率不高。时刻 t_1 之后，进入找矿发现的加速阶段，同样的时间、人力、物力投入，可能取得数倍于以前的找矿效果。时刻 t_2 之后，是一个找矿发现的减速阶段，这是由于容易找的矿床多数已经被发现，原有资料、知识的利用也达到了一个较高的水平，必须在寻找的矿床类型、找矿思路或技术上有所创新，才能发现新的矿床；时刻 t_3 之后，由于所剩矿床已经很少了，再努力也很难找到新的矿床了。

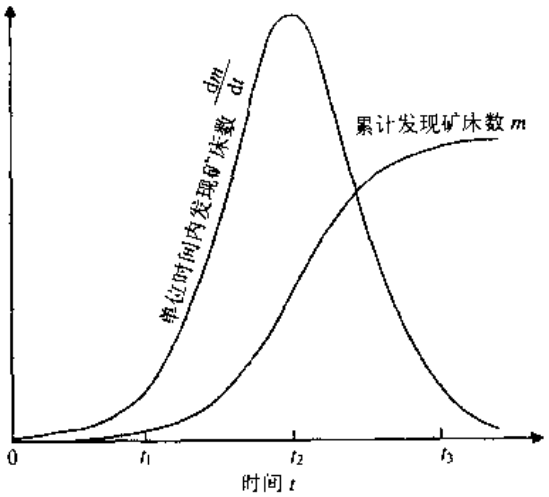


图 1　矿床发现的理论趋势曲线（据裴荣富，1996 改编）

因此，在制定找矿规划时，要研究对比不同成矿区带金矿床发现的历史和现状，了解掌握各成矿区带前人工作程度，进行统计和论证，不能仅根据本单位以往在各成矿带的工作程度决定取舍。跻身于处于加速发现阶段的矿带上开展找矿工作，就会获得事半功倍的找矿效果。当然，如前所述，找矿队伍的知识水平和知识的吸纳转化能力也是决定性的因素。对于处于加速发现阶段而我们的队伍以前又开展工作较少的地区，则要尽快收集、消化吸收前人工作的成果，提高自己切入的起点。

2　关于找矿区划

指挥部战略地质调查组在全国划分出 42 个金矿成矿区带，并根据黄金部队的工作布局将其划分为“重点开发区”、“加速普查区”、“战略远景区”和“侦察探索区”，这是一级区划。具体在各个成矿区带部署找矿工作，还必须开展详细的找矿区划工作。要通过对前人工作成果、资料的系统收集、分析研究，运用科学的方法、手段进行综合，划分出不同级别的找矿远景区，确定各成矿区带的主攻矿床类型、找矿标志，作为部署找矿工作的依据，尤其是部署金矿地质调查和化探扫面项目，应该以找矿远景区、找矿预测区为前提。

在找矿区划的技术路线上，应对综合编图工作给予特别的重视。图件是地质工作中

的高级语言，尤其是综合性预测图件、找矿区划图，对找矿工作有特别的指导意义。区划图要不断补充新的资料，不断更新认识。与地方相比，部队的技术人员岗位变动较快，因此，资料、认识的积累和继承就显得更为重要。而不断编制更新区划图，就为资料、认识的积累和继承提供了一个有效的载体。要化大力气收集区域地质、区域化探成果资料，调查和收集区内已发现金矿床的资料，必要时进行实地调查。

在找矿区划的技术手段上，要充分发挥 GIS 的作用。目前，不少单位的 GIS 主要用作地质制图，这是远远不够的。要发挥 GIS 的图件及时更新功能、图层叠加显示功能、空间定位功能和空间分析功能。应尽快在部队全面推广《中国黄金地质信息系统》，使其在区域地、物、化、遥和矿产资料的综合分析中发挥不可替代的作用，使各单位的找矿区划、找矿预测工作真正进入经常性状态。

从管理的角度看，在一些我部以往投入工作很少的成矿区带上开设专门的金矿地质调查课题来进行区划工作是必要的，而且应当有人长期从事区划工作，根据找矿规划，逐个成矿区带开展详细的区划工作。但这不能代替各地质找矿单位的区划工作，应当把区划工作作为各地质找矿单位的一项经常性工作，以增加这项工作的力度，加快进度，提高使用效果

3 关于找矿思路

“面中求点”和“以点带面”是地质找矿工作中经常使用的两种找矿思路。在不同地区、不同阶段的找矿工作中，两种找矿路线经常交叉使用。

西部多数地区矿产地质工作程度较低，更多地采用“面中求点”的思路部署工作，有利于减少风险，提高找矿效果。面中求点就要求从找矿的基础工作做起，对岩金找矿来说，应按照“区划－预查和中大比例尺化探－普查”的程序开展工作，逐步缩小找矿范围。“面中求点”并不排斥对区内矿床、矿点的调查研究，但研究的目的更多地用来指导面上的评价，以确定不同级别的远景区、预测区或找矿靶区。面中求点的不足是找矿周期相对较长，有时难以在短期内取得突破，因而在实际工作中往往不被重视。

“以点带面”则是从矿点调查入手，发现有进一步工作价值的矿点之后，再在其外围开展面上的调查或化探扫面工作。过去在中、东部地区找矿工作中经常使用这种方法，也取得过十分明显的效果。但这种找矿思路不适用于人烟稀少地区、露头稀少地区。如果进入一个新的地区后，一开始就把主要精力放在少数几个矿点上，过早地使用山地工程，一旦点上的工作没有取得突破，进一步的找矿工作就难以深入，至多换一个地区，再进行一批矿点的检查。这实际上是“以点代面”，以几个点上的调查代替面上的调查，代替区域的预测和评价。其结果是欲速不达，长期“打一枪换一个地方”。在西部地区，岩金找矿“以点带面”最好是在进入找矿靶区阶段使用，而且这个“面”也仅限于靶区的范围，目的在于发现更多的矿化目标体，扩大找矿战果。

4 关于队伍布局

目前部队正在进行找矿布局调整，一些以前在中部、东部工作的支队，陆续进入西部

地区开展找矿工作。以成矿区带为单元，适当划分找矿的地域范围是十分必要的，因为这有助于不断积累资料和认识，逐步提高找矿效果。但这种划分不应当是绝对的，对一些矿床发现呈加速趋势的成矿带，有两个支队同时开展工作也是可行的。因为在这些地区，必然有其他地勘队伍同时进行找矿工作，竞争是不可避免的。部队内部不同支队在一个成矿带上工作，应尽量减少交叉，最好划分段落，适时进行交流，共享基础资料和认识成果，提高整体找矿水平。但是，一个支队的找矿力量是有限的，不应允许一个支队同时在几个成矿带上开展工作。本人认为，每个支队的工作范围以不超过两个成矿区带为宜。

按照上述思想，各支队在划分的有限的成矿区带内开展找矿工作，落实这些成矿区带的详细区划工作，使得找矿工作的每一步都建立在扎实的前期工作基础上，经过几年艰苦不懈的努力，一定能够取得丰硕的找矿成果，实现部队西部找矿工作可持续发展的目标。

参考文献

蒋志，统计认识论，北京：华夏出版社，1996。

西藏班公湖－怒江成矿带中段金矿成矿规律及找矿远景评价

路彦明　刘桂阁　范俊杰　潘爱军
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　据大地构造特征和已发现的矿床(点)，把班－怒成矿带中段划分为南北两个主要成矿带、九个矿化集中区。对三个砂金矿化集中区中的砂金矿床地质特征、成因的分析表明，砂金矿床成因上以近源为主，有侧向补给，物源以原生岩金矿为主，次为部分高丰度值的地层和岩体。综合各类资料，从砂金入手探讨区内金矿的找矿远景潜力。

关键词　金矿　成矿规律　找矿远景　班怒成矿带中段　藏北

西藏班公湖－怒江成矿带中段随着金矿地质工作程度逐步提高，在区内陆续发现了数处砂金矿床及众多的岩、砂金矿化点，但至今仍未发现成型的岩金矿床。本区面积大、成矿条件好，本文从成矿地质条件、砂金矿床地质特征分析入手，探讨本区岩、砂金的找矿潜力，为区域金矿地质找矿工作及资源潜力评价提供参考依据。

1　金矿资源分布

尽管近几年本区金矿找矿工作取得了较大成果，但由于种种客观原因的限制，金矿地质工作程度还较低。在已发现的众多的矿床(点)中真正达到矿床规模的有限(图1)，

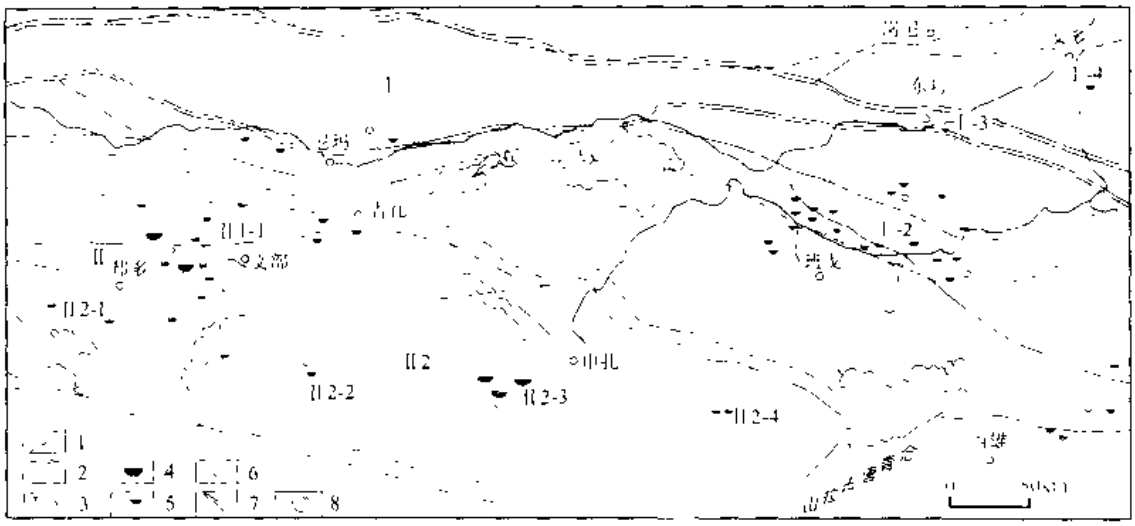


图1　西藏班公湖－怒江成矿带中段金矿化集中区略图
1－断裂构造；2－矿带界限；3－矿化集中区界限；4－砂金矿床；5－砂金矿化点；6－岩金矿化点；I－北部成矿带；II－南部成矿带

主要作者简介：路彦明，男，1971年生，工程师，硕士，主要从事矿床地质。

探明的储量不多。从目前已有的找矿成果看，区域金矿的分布有以下几个特点：

(1)砂金占有绝对优势。在已知的矿床、矿(化)点中，砂金几乎占了全部，且分布在全区，但达到矿床规模的其分布范围却很有限，多在交通条件相对较好的地区，那么在一些因客观条件限制尚未开展进一步工作的地区，发现新的砂金矿床的可能还是很大的。

(2)岩金矿(化)点数量少，分布更为局限，多在一些砂金地质工作程度较高的地区，这和西藏艰苦的工作条件密切相关的。在本区的东部，岩金矿化以多金属矿化为主，伴有较多的金属硫化物，且含银较高，为伴生金矿化，在区内的西部硫化物相对减少一些。另外，在本区还发现了与超基岩有关的金矿化(杜光树，1993)以及和针铁矿相伴生的明金，在胶东地区针铁矿是一种很好的找矿标志，在本区，该类型的金矿化可能也含有较大的找矿潜力。

(3)矿床(化)点的分布与区域大地构造、火山岩浆活动密切。就已知的岩、砂金矿(化)点多沿着近东向西(北西向的)的断裂分布，特别是岩浆岩体的周边、一些火山次火山岩发育的地区，含有较多的矿化点。火山、岩浆活动为金元素的迁移、富集提供了热源，而区域性的深大断裂构造为金元素的上移提供了通道，继而在有利的部位形成含金地质体(或矿体)。在外生地质营力的作用下，含金地质体中金在有利的河谷地段形成砂金矿床。由于砂金矿床具有近源性特点，岩、砂金矿(化)点在空间分布上具有相似性。

2 金矿类型

矿床类型的划分，是矿床学领域中的主要课题之一，对金矿地质找矿工作具有重要的理论指导意义，在金矿的分类方案中见于诸多文献中。归纳起来大致可分为两大类：一是以成矿作用、成矿物质来源为基础的矿床成因分类；二是以容矿岩系为基础的分类方案，该方案总结了容矿围岩及矿化体产出形式。[①] 关于西藏金矿分类方案，主要有两个(杜光树，1993)，这两个方案属于矿床成因分类，并对班－怒成矿带中段已有的矿床进行了归划分类。尽管说该区地质工作程度较低，已找到的金矿床有限，为了能够较好的指导以后的地质找矿工作、评价资源潜力，对金矿类型及划分是有必要的。除参照前人对本区及临区成果资料，还主要考虑以下几个因素：

(1)班怒成矿带中段金矿达到矿床规模的少，尤其是岩金还没有达到矿床规模的。在这种情况下，结合区域成矿地质条件，尤其是其成矿地球动力学环境的演化，利用大地构造环境与成矿作用，矿床类型的匹配关系，首先从理论上预测区内可能的金矿床类型。然后结合已发现的矿床点、矿化线索为基础，来划分金矿类型。

(2)区内已有的矿床、矿化点工作程度较低，典型矿床研究程度不够，矿床类型的划分岩金以容矿岩系为基础，砂金以成矿作用和产出部位来划分是可行的方案。

基于上述想法，对班－怒成矿带中段主要金矿类型划分如下：

①下古生代－三叠纪含碎屑岩、泥(硅)质岩碳酸盐的金矿；

②产于中酸性花岗岩类侵入体中的金矿；

① 陈纪明等，中国黄金地质概论，中国人民武警部队(内部资料)1993。

③产于碱性侵入体中的金矿；

④产于中生代(显生宙)镁铁质－超镁铁质岩中的金矿；

⑤产于中、新生代陆相火山岩(次火山岩)中的金矿；

⑥现代金矿：

洪积、残破积型砂金矿；

冲积－洪积河床－河漫滩型砂金矿；

冲(洪)积阶地型砂金矿；

冰积－洪积型砂金矿。

3 成矿带的划分

班－怒成矿带中段成矿带的划分与矿床类型的划分遇到了同样的问题。按现有的工作程度、划分全区性的成矿带有较大的难度，但为指导今后的地质找矿工作，按照大地构造特征、岩浆演化历史、已有的矿床、矿点、矿化点在空间的分布规律，在划分成矿带时，考虑到工作区在已发现的矿床(点)中，砂金占主要位置，其成因具有近源性、新生性(杜光树，1993)特点，把其作为划分重要依据。从宏观上将该区划为两个大的成矿带，北部成矿带，南部成矿带，后者分别又划分了两个亚带。在区内纳木错的东部也有一些矿(化)点，但其大地构造位置属于冈底斯中生代隆起带的金－多金属成矿带，区内涉及较少，在此不做讨论。

3.1 北部成矿带

该带的大地构造位置主体处于班公湖－怒江板块缝合断裂带，大致沿三条主边界断裂分布(班公错－康托－兹格唐错断裂，噶尔－吉昌－吴如错断裂，崩错－边坝断裂)。并有缝合带南侧被中生代冲断裂卷入的冈－念陆块北缘的部分。该带横贯本区，并延伸到了工作区的外部，其宽度随着断裂带形态的变化而变化，在中部较窄，向两边变宽。

区内出露的地层主要是侏罗系的木嘎岗日群、拉贡塘组、三叠系的确哈拉群，其次有志留系的东恰群(组)、第三系康托组、牛堡组。这些地层中均夹有火山岩、火山碎屑岩。侏罗系木嘎岗日群和拉贡塘群组中还包含了大量的代表洋壳沉积的蛇绿混杂岩和中基性火山岩和火山碎屑岩。代表着海相沉积的三叠系确哈拉群，岩性主要为含碳质泥岩、碳酸盐岩、碎屑岩。在构造岩浆活动作用下，这些地层的分布区，有利于形成中低温的火山岩型有关的金矿床(李金高，1997)。

带内岩浆岩包括了夹在地层中的各类火山岩、蛇绿岩体及大量的中酸性花岗岩体。火山岩主要有两个期次：早期是一套燕山期的中基性火山岩、火山碎屑岩，该期火山岩根据其产状又分为：产于板块缝合带蛇绿岩组合中的火山岩，和沉积地层中夹的火山岩地层；晚期是一套喜山期的中酸性板内火山岩组合。代表幔源成因的基性超基性岩有两种产状，其一是蛇绿岩组合成员，其二是沿深断裂带独立产出的基性超基性岩体，在第二种类型的超基性岩中(如蓬错北部)，有铬铁矿的产出，在蓬错北部的铬铁矿的矿石中发现有

明金出现(和吴洁民私下交流,1999),这一线索预示着本区有形成与基性超基性岩有关的金矿的可能性。中酸性花岗岩岩体大致分为两个期次:燕山早期花岗岩、黑云母花岗岩主要出露在东部,燕山晚期花岗岩主要出露在中部和西部,喜山期花岗岩零星出露与区内的东部。

伴随着班公湖－怒江板块缝合带的形成演化历史,带内发育了与之相联系的,沉积地层火山岩组合、火山岩体。不同环境的沉积建造、不同时代的岩浆作用、不同期次的构造活动为带内金元素的富集成矿提供了良好的环境条件。

该带目前已发现的原生金矿(化)点、砂金矿(化)点主要分布在东段和西段。砂金主要为洪积型、冲积型、冲－洪积型,并有湖积型砂金矿化点。岩金矿化主要类型为:产于中生代火山岩(次火山岩)中的金矿化、与超基性岩铬铁矿有关的金矿化及中酸性侵入体有关的金矿化。

3.2 南部成矿带

该带在大地构造位置上位于冈－念陆块的北缘(隆格尔－纳木错断裂以北)、班公湖－怒江板块结合带以南的特提斯离合区或冈底斯陆缘弧的弧后区。地貌上由北向南从高原湖沼区向高原山区过渡带,为内流水系。区内发育有大量的火山岩地层和喜山期花岗质侵入体。火山岩地层主要沿当惹雍错－申扎－纳木错一线分布,有中生代侏罗－白垩纪的浅海相－陆相的碳酸盐岩、碎屑岩夹中基性、中酸性火山岩建造,新生代陆相安山岩、英安－流纹岩,属冈底斯陆缘火山弧的一部分(西藏地质矿产局,1990)。喜山期花岗质侵入体在带内广泛出露,岩性从白岗岩、花岗岩到黑云母花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩均有,岩体大多有多期侵入的特征,成分变化大,多具有杂岩体的特征。区内长期的构造活动、频繁的火山喷发－沉积旋回和花岗质岩体的侵入活动相互作用,造就了有利的成矿环境。该成矿带内现已发现了多个成型的砂金矿床,成因以冲(洪)积－河床河漫滩型砂金矿、冲积阶地型砂金矿为主,岩金矿化为:与中酸性侵入体有关的金矿化、产于中生代火山岩(次火山岩)中的金矿化。

按照区域地质特征及发现的矿床、矿(化)点,该带可划分为两个亚带,分别为帮多－文部矿带,当惹雍错－申扎－纳木错矿带,二者主要区别在于,两个亚带的成矿作用分别受控于两个区域性深大断裂,后者火山活动明显强于后者。

邦多－文部金矿带:该带呈东西向展布,位于尼玛县的邦多－文部－岗隆一带,大致沿文部－果忙错－纳木错断裂,成矿作用与该断裂的构造密切相关。地貌上属于高原湖沼区。该带已发现三个砂金矿床及众多的砂金矿化点,岩金方面主要是与中酸性花岗质侵入体有关的金矿化。

当惹雍错－申扎－纳木错金矿带:该带呈北西向展布,向东至纳木错,向西延出本区,该带南界大致以隆格尔－纳木错断裂为主,北界到当惹雍错－申扎断裂以北,地貌上属于高原湖沼区向高原山区的过渡地带。已发现的砂金矿主要位于该带的东段、中段,有崩纳藏布大型砂金矿、央雄、玛尔空、新吉中小型砂金矿和众多的砂金矿化点,成因以冲积河床河漫滩型、冲洪积阶地－河床河漫滩型为主。岩金方面目前仍没有成型的矿床,但发现有

多个有前景的矿化点，如加瓦、玛尔空等，矿化类型主要是与中酸性花岗岩侵入体有关的金－多金属矿化，该矿带和工作西部的多金属矿带类似，可能属于金－多金属矿带，有别于帮多－文都金矿带。

4 矿化集中区

一般来讲，矿化集中区应包括一定数量的矿床及一些矿点，而班－怒结合带中段，就目前所发现的矿床还不足以划出太多的矿化集中区，就该区具体的情况，认为矿化集中区在这种条件下，依据已有的砂金矿床及岩、砂金矿化点进行划分对指导今后的找矿工作还是具有实际意义的，另外由于砂金是产在河谷中，有部分砂金矿(化)点会在矿化集中区之外的区域。据此，将本区划分以下几个矿化集中区：

5 砂金与岩金的关系

从金矿找矿工作的经验来看，我国有不少重要的金矿区或金矿床是通过砂金找到的。我国东北地区的团结沟金矿床、老榨山金矿床、东宁金厂金矿床、桦南新立金矿床是典型的通过砂金发现的岩金矿床(尚瑞均，1992)，在秦岭成矿区，岩金矿与金的重砂异常和砂金矿往往紧密伴随，砂金矿产地多出现在岩金矿带及岩金矿化集中区之内或附近的下游水系。[①] 在本区，已发现了一个大型砂金矿床，多个中小型砂金矿床及众多的砂金矿点、矿化点，且砂金矿床(化)点在区内分布广泛，探讨砂金与岩金的关系，对岩金地质找矿工作会有重要的指导意义。

5.1 那朗沟－朵康巴一带砂金矿床

那朗沟－朵康巴一带经初步的普查工作，已发现了两个中型、一个小型砂金矿床(探明岩砂金普查储量共6.034t和多条含金水系和众多的砂金异常点，分布范围达800 km^2，砂金类型主要为冲积型、冲(洪)积型，岩金方面发现了两个矿化点(图2)。

该区位于班－怒板块缝合带南缘，其分支断裂革吉－果忙错断裂穿过本区。TM遥感影像解译表明，该区断裂构造发育，存在两条明显的东西向构造带和呈共轭关系的北西、北东向线性构造；有多个热环构造，推测为岩浆岩体引起的。出露的地层有白垩纪朗山组、侏罗－白垩纪的曲松波群、侏罗－白垩的则弄群、白垩－第三纪的林子宗群；区内火山岩浆活动强烈，在中部有一大的喜山期花岗岩体，呈岩基产出，岩性为花岗岩、花岗闪长岩、斑状花岗岩、二长花岗岩、黑云母花岗岩，是一个复杂的花岗杂岩体。通过调查，怀疑该岩体并非一个大岩体，但没有投入进一步的基础地质工作，现在还无法划出不同岩体的界限。强烈的火山活动表现为区内的几个时代不同的地层中均含有大量的中酸性的火山岩层，强烈的火山－岩浆活动为区内金元素的运移、富集提供了热源。

① 西藏地矿局第九地质大队，朗那藏布砂金矿勘探地质报告，1993。

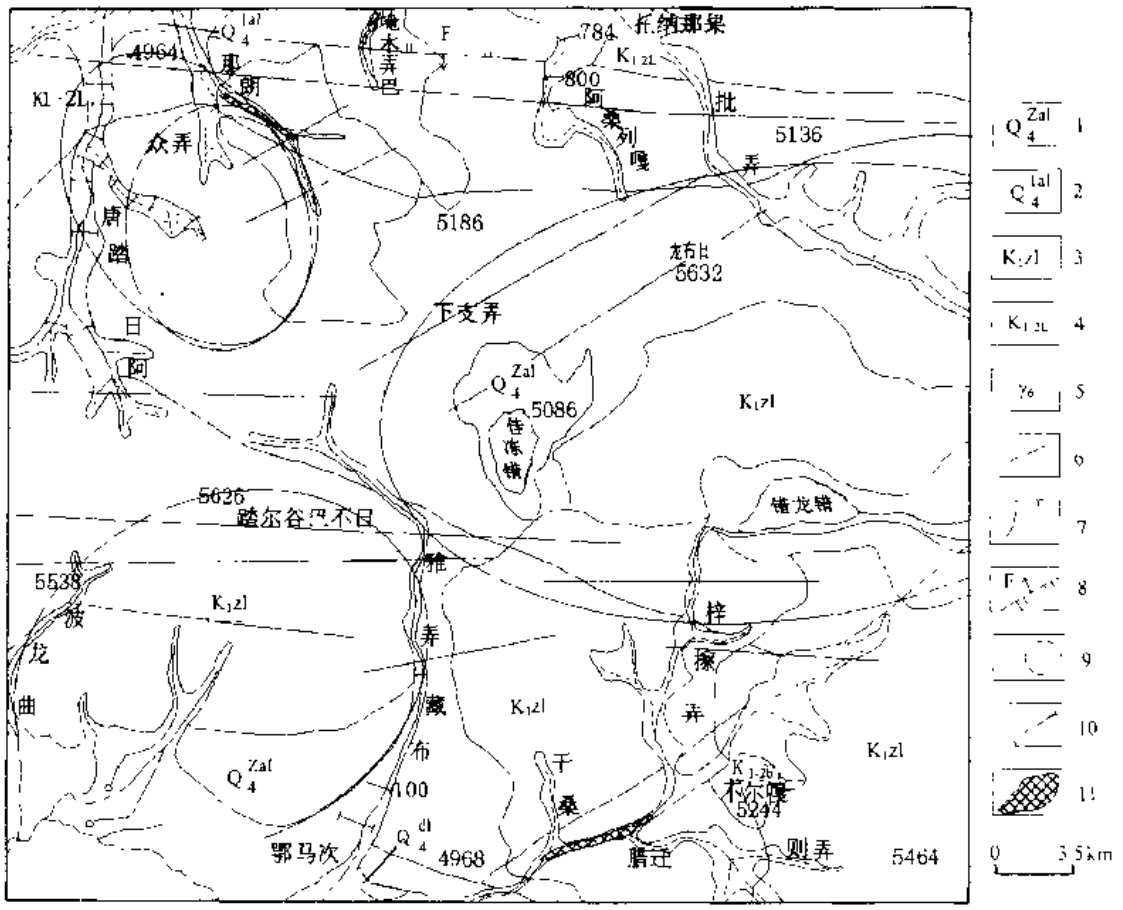


图 2　那郎沟－朵康巴一带金矿地质简图(据武警黄金第七支队修编)

1－全新统河漫滩冲积层;2－全新统Ⅰ级阶地冲积层;3－白垩纪朗山组;4－白垩纪妣弄群;5－喜山期花岗岩;6－地质界限;7－河流、季节性河流;8－逆断层;9－线、环形构造;10－勘探线位置;11－矿体

区内花岗岩体出露区主体的中部地势高,南北两侧地势低,水系流向和地貌相一致,向南向北流。

表 1 列出了该区两个砂金矿床的地质特征,这两个砂金矿床的产出的水系属于低级的支沟型水系,矿体位于现代河床、河河漫滩相中,形成时代较新;含矿层中砾石的磨圆度较差,砾石成分与汇水盆地内的岩性相一致,砂金品位高,矿床类型属于冲(洪)积河床、河河漫滩型砂金矿床。

图 3 即为郎沟矿金矿床体纵投影图。从图中可看出,从河流的上游到下游方向,矿体底界面是由达到基岩到地表下一·米的位置,说明①在下游矿体底界面以下不含金的冲积物形成时,汇水盆地内还没有金源出现,就没有形成砂金矿层位;②矿体的形成时间在下部不含矿的冲积物形成之后,矿体的形成是在很短时间内形成的,其时间大致和下游 1m 厚的冲积物形成时间相一致,③冲积物表层有矿化,表明该水系现在仍进行着砂金的富集矿化,④在很短时间内,江水盆地面积仅 41.6km^2 的水系中,形成高品位(矿床混合平均品位 0.98g/m^3),资源量达 3.252t 的砂金矿床,单靠地层或岩体中的金是远远不够的,在

表 1　那郎沟、朵康巴砂金矿床特征表

矿床名称		那朗沟	朵康巴
水系特征	水系规模	二级支沟	三级水系
	水流条件	流水宽 1～3 m，水量小，流速中等	流水宽 3～6 m，水量中等，流速中等
矿体特征	矿体位置	河床河漫滩	河床河漫滩
	矿体形态规模	1 个矿体连续延长 750m 宽 40～160m 厚 3.5～16.5 m	矿体连续延长 8460m 宽 80～207m 厚 2～6 m
	品位	混合砂平均品位 0.98g/m³	混合平均品位 0.844g/m³
	矿砂	砂砾石为主，少量泥质组成，成分以花岗岩为主，次为灰岩、砂岩、安山岩	砾石为主占 65%～70%，砂占 20%～35%，少量泥质（小于 5%），成分以火山岩、砂岩、花岗岩为主，次为灰岩、砂板岩
砂金标型特征	粒度/mm	0.5～0.2 的中粗粒为主（81.5%），粗粒 1～0.5 次之（13.7%）	大于 1 的占 11.9%，1～0.5 为 56.6%，0.5～0.2 为 30.9%
	形态	粒状为主次为板状片状	粒状为主次为板状片状
	成色	890	843
	伴生矿物组合	磁铁矿、铬铁矿、褐铁矿、锆石、白钛石	磁铁矿、铬铁矿、锆石、赤铁矿、石榴石、黄玉

该汇水域中必定有原生金矿床，而现在还在进行着砂金成矿作用，说明原生金矿床还没有完全剥蚀掉。

那朗沟砂金矿上游有两个支沟，主矿体沿东侧支沟河谷方向延伸，说明该矿床的金主要来源于该支沟，其汇水盆地面积仅有十几 km^2，在其分水岭另一侧奄木弄巴水系中经普查探得一小型砂金矿床，该矿床汇水盆地面积也仅有十几 km^2，也就是说在一分水岭两侧的水系中均有砂金矿产出，这个分水岭及两侧产出原生金矿的可能性非常大。同时该地段为中酸性花岗岩的外接触带，附近有一条区域性的大断裂穿过，成矿地质条件有利。

在那朗沟上游实施槽探工程，发现多条矿化蚀变带，品位分别为 0.21×10^{-6}、0.3×10^{-6}、0.18×10^{-6}，在雅弄藏布上游发现一条长约 2000m、宽 10m 的破碎带、金品位为 0.91×10^{-6}。显示了该区岩金矿化的存在，预示着岩金矿床产出的可能性。

以上分析表明，该区砂金矿金源的来源于原生金矿，有未完全剥蚀掉的原生金矿，是岩金找矿的远景区。

5.2　崩纳藏布砂金矿区

崩纳藏布砂金矿区位于申扎县西南崩纳藏布水系中，地貌上属于高原山区向高原湖盆区的过渡带上，大地构造位置上措勤－念青唐古拉中间隆起带南缘，隆格尔－仲沙－纳木错断裂的次级断裂当惹雍错－申扎－纳木错断裂穿过本区。该断裂在区内表现为由一系列近东西向断裂组成的断裂带。区内出露的地层有第三纪系达多群中酸性陆相火山岩（$E_{1\ 2}dd$），次为构造破碎强烈、片理化发育的中石炭统斯所组（C_2^3）陆源碎屑岩、碳酸盐岩，分布于河谷、冲沟、山坡等处的第四系冲、洪积物、残坡积物等。侵入岩体在区内大面

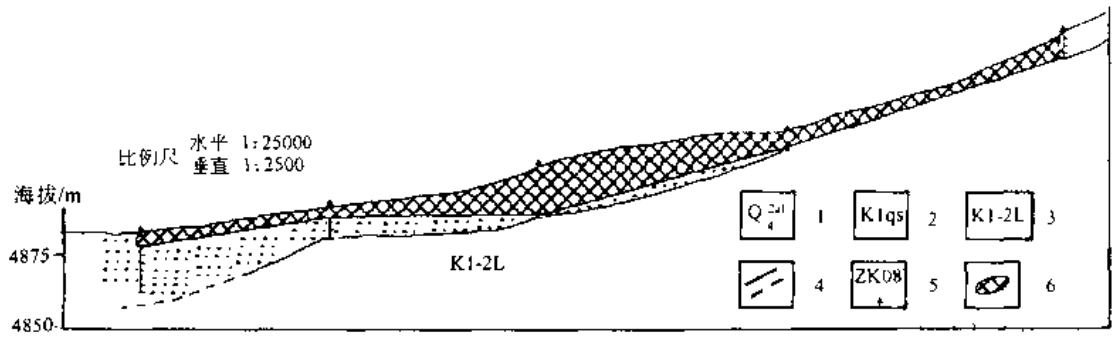


图3 那郎沟主矿体纵投影图(据武警黄金第七支队修编)

1－第四纪冲积物;2－白垩纪下统曲松波群;3－白垩纪中统朗山组;
4－实测及推测地质界限;5－钻孔位置;6－矿体

积出露,岩性主要为黑云母花岗斑岩、白云母碱长花岗岩、花岗闪长岩等(图4)。

在崩纳藏布及其上游水系中,现已发现两个砂金矿床:崩纳藏布砂金矿和玛尔空砂金矿。崩纳藏布砂金矿所处的水系为三级水系,而玛尔空为一级支沟水系。

崩纳藏布砂金矿共圈出一个矿体,矿体总体呈狭长带状产出,严格受河谷形态控制,矿体长度18.6km,宽38.5～631.1m,矿体厚度2.4～19.6m,砂金资源量10.2t。矿体混合砂品位0.0022×10^{-6}～14.6557×10^{-6},加权平均品位0.4976×10^{-6}。含金层以砂砾为主,含泥质少。砂金粒度(mm)以中粗粒为主,大于1占4.92%,1～0.5占26.55%,0.5～0.25占61.46%。金成色平均866。伴生矿物以磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿为主,次为角闪石、绿帘石、辉石等(李金高,1992)。

矿床地质特征、砂金矿标型特征表明该矿类型上属于冲洪积型砂金矿(杜光树,1996),主体为远源,但有近源的侧向补给,金源可能包括岩金矿和含金地层。

玛尔空砂金矿位于一级水系中,矿体产于现代河床河流中,属于冲－洪积型砂金矿床,金源为近源补给。

崩纳藏布砂金矿区的物源区出露的第三系达多群、火山岩可分为四个岩性段。岩性产状复杂,有流纹质－安山质的火山凝灰岩－火山碎屑岩、火山集块岩、流纹斑岩,成因具有陆相裂隙式－中心式喷发,溢流成因(杜光树,1996)。该火山岩层金丰度值较高,特别是火山角砾岩丰度值相当于同类岩石金丰度值的8.4倍。断裂发育以东西向为主,次为北东向、北西向及近南北向,构造形态复杂,具多期次的特点,区内地层因断裂活动而破碎蚀变,蚀变分布广、强度大,以绿泥岩、绢云母化、硅化为主,次为钠长石化、钠黝帘石化、绿帘岩石化、黄铁矿化、碳酸盐化、属低温热液蚀变。沿构造破碎带及其次裂隙充填有矿化的脉状石英脉。在玛尔空砂金矿上游,已发现了一个岩金矿化点,推测其成因属中－低温火山－次火山热液型金矿类型。

上述表明在崩纳藏布砂金矿区,有较好的岩金矿找矿前景,是与陆相浅成火山－次火山相关的金矿床、与中酸性花岗岩体有关的脉状金矿,是重要找矿类型。花岗岩体的接触带、火山(角砾)岩分区对成矿有利的火山结构(如火山角砾岩筒、环状、放射状断裂系统),是找矿的重要区段。

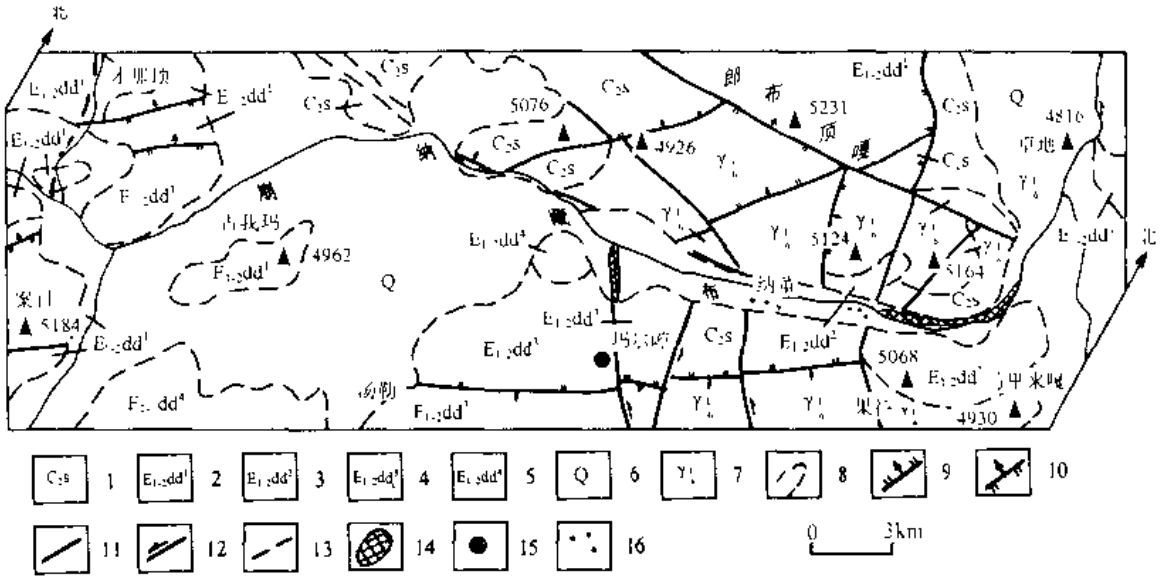


图 4　崩纳藏布砂金矿区地质简图(据李金高 1997 修编)

1－中石炭统斯所组;2－达多群第一岩性段;3－达多群第二岩性段;4－达多群第三岩性段;5－达多群第四岩性段;6－第四纪;7－喜山早期花岗岩;8－地质界限;9－逆断层;10－正断层;11－平移断层;12－性质不明断层;13－推测断层;14－砂金矿体;15　岩金矿化点;16－含砂金地段

5.3　卡足山一带砂金矿化区

金矿化区大地构造位置上处于冈底斯－念青唐古拉陆块北缘,中生代属特提斯地质体离合区,晚白垩－新生代属冈底斯陆缘弧的弧后区,北西向的崩错－边坝断裂穿过本区,遥感解译表明该断裂带由几条平行的压扭性断裂组成,具有多期活动性质。第三系到石炭系的地层,在区内均有出露。岩浆岩为燕山期的花岗岩、花岗闪长岩等。在中、上侏罗统接奴群浅变质浊流复理石夹巨厚安山质火山岩出露区的卡足山山岭两侧,分布着砂金矿(化)点及古采砂金遗迹(图 5)。

杜光树等(1993)研究认为,区内砂金矿体或矿化体赋存于现代河床－河漫滩内,部分在冲洪积扇中,矿砂层直接出露地表或埋深小于 0.3m,矿体受河谷控制呈狭窄带状。混合砂矿体厚度 0.5～3m。平均品位属中、低,品位变化大,个别的高达 0.8～0.94g/m^3。

矿(化)体均属近源支沟型砂金矿,表现为上游金粒粗大,品位高,下游金粒细,品位相对降低的规律。

地貌及水动力条件控制明显,砂金富集于狭窄河谷上方支沟汇合部位,河谷下方或山口的开阔部位,河床坡度由陡变缓和河弯内侧砂滩部位。

砂金成色一般较高(870～940)。

砂金类型属于冲(洪)积型。

该区砂金矿特征表明,砂金来源于地层中的金这一观点很难解释其特征:近源支沟、品位变化大、上游金粒粗大、下游金粒细小。而来源于上垩统或下第三纪砂石层中古砂金矿的观点,主要依据是:①砂金物源区有该套地层出露;②该套地层有形成古砾岩型的砂金矿的成矿条件。作者不敢苟同这种观点:①该区砂金矿物源区,上垩纪和第三纪的砂砾

岩层分布很局限;②没有证据证明该套地层中发现古砂金矿(化);③已发现的矿化点均是产于构造破碎蚀变带中;④不排除在其矿化区,砂金来源于古砾岩金矿的可能性。上述表明该区砂金矿金源来于原生岩金矿床,可能的岩金矿类型有:与火山—次火山岩有关的中低温热液金矿、与中酸性花岗岩有关的金矿。

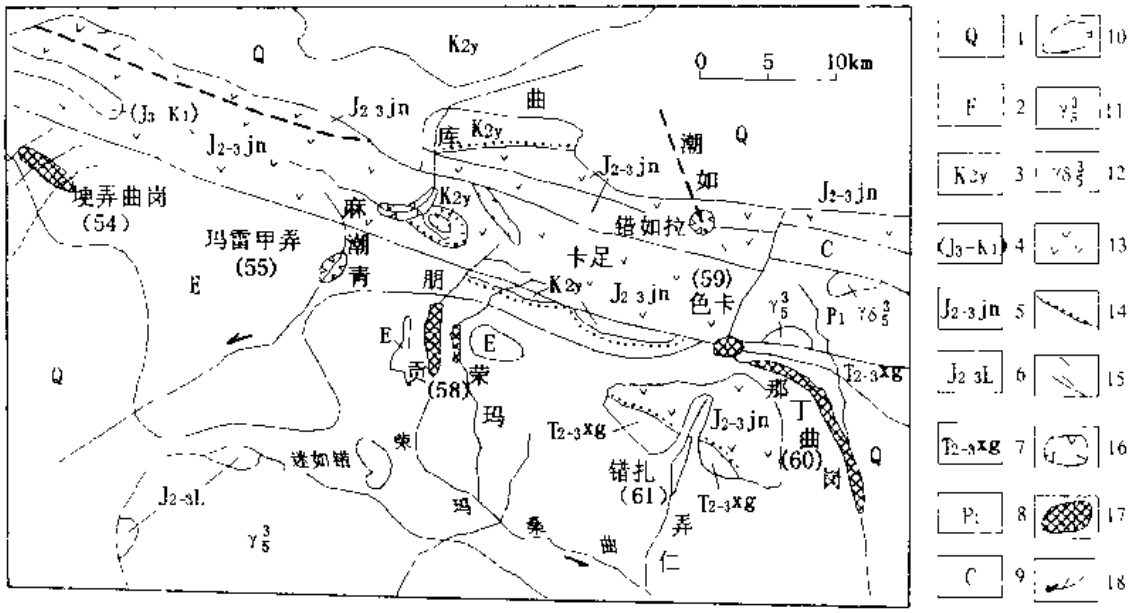


图 5 卡足山一带砂金物源关系图(杜光树,1993)

1-第四系;2-下第三系桔红色砂砾岩;3 上白垩统央吉玛尔冬组紫红色砂砾岩夹火山岩;4-上侏罗统-下白垩统曲松波群碎屑岩夹灰岩、火山岩;5-中上侏罗统接奴群安山岩与浊流复理石;6 中上侏罗统拉贡塘组砂板岩夹酸性凝灰岩;7-中上三叠统学曲群砂板岩;8 下二叠统灰岩;9-石炭系灰岩、砂页岩;10-外来灰岩块;11-燕山晚期花岗岩;12-燕山晚期花岗闪长岩;13-安山岩类;14-地层不整合线;15-断裂及推测断裂;16 旧采砂金区;17-砂金矿体或矿化范围及编号

前面讨论的代表不同地貌类型、不同大地构造位置的三个地区的砂金矿特征表明,区内砂金矿的来源主要是原生岩金矿床,但不排除来源于含金地层和古砾岩型金矿的可能性。

6 金矿找矿远景

6.1 岩金

6.1.1 控矿因素

长期活动的班-怒板块结合带控制该区整个金矿床的产出,次级的崩错-边坝断裂文部-果忙错-纳木错断裂当惹雍错-申扎-纳木错断裂控制着金矿带的展布和成矿特征,受深大断裂制约的低级别的NE、NE及南北向断裂构造则是成矿和赋矿的主要场所,由火山活动形成的环形和放射状线形构造也是一种重要的控矿和赋矿构造;燕山期-喜山期强烈的火山-岩浆活动为金矿的形成提供了热源和成矿流体。已发现的岩金矿化点

多数位于火山、岩活动强烈的地区，值得重视的有两期，一期为沿班－怒结合带发生的基性超基岩浆岩的侵位及中酸性的火山岩浆活动，另一期为沿当惹雍错－纳木错－带喜山期火山－岩浆岩活动。就目前来看，区内金矿与地层之间没有必然联系，值得注意的是尼玛县一带分布的三叠系浅海相的含碳质泥岩、碎屑岩有成为矿源层的可能性。

6.1.2 找矿远景

根据岩金矿的控矿因素及区内砂金分布特征看，在岩金找矿方向上，沿班怒板块结合带，文部－果忙错－纳木错断裂带及当惹雍错申扎－纳木错断裂带，是岩金的找矿的有利地带，其中，那朗沟－朵康巴地区，崩纳藏布－当惹雍错一带和卡足山－东巧一带是岩金找矿有远景的地区。

6.2 砂金

砂金分布规律。砂金的成矿受新构造运动和古气候和物源区的影响，分布特征上表现为：成带分布，砂金矿总体是沿着区域性深大断裂分布，砂金成矿时代新，主成矿期为晚更新世晚期－全新世；物源区近，已知的砂金矿床(点)主体属于近源支沟成矿，距物源几公里；成矿期短，成矿作用过程相对短促，许多砂金矿至今仍处于成矿过程；砂金来源主体是岩金矿，岩金成矿有利地区的水系是砂金成矿有利地段。

砂金找矿方向。区域构造、火山、岩浆活动强烈地区是砂金找矿的有望地区，在地貌上近源支沟，河谷是"U"型的水系是寻找品位高的中小型砂金矿床，3－4级水系中是寻找大型砂金矿的水系。区内砂金找矿有远景的地区是：崩纳藏布当惹雍错南部一带，当惹雍错东西方向上，纳木错北部。

参考文献

杜光树.西藏金矿地质，成都：西南交通大学出版社，1993。

杜光树，西藏砂金矿床地质特征及找矿方向，西藏地质，1996，2。

李金高.德曲，崩纳藏布火山杂岩的含金特点及找矿意义.西藏地质，1992，1。

李金高.关于西藏金矿成矿问题的几点新认识，西藏地质，1997，1。

尚瑞均，李和祥等，秦巴金矿地质，合肥：安徽科学技术出版社，1992。

西藏地质矿产局，西藏区域地质志，北京：地质出版社，1990。

冈底斯－念青唐古拉褶皱带中段中酸性岩浆活动特征及金矿找矿方向

张学军　李振华

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　通过区内岩浆岩分区及岩浆活动情况，结合岩浆岩的含矿性，阐明了区内岩浆活动对金矿成矿有重要的控制作用，提出了该区岩金找矿方向。

关键词　岩浆活动　特征　金矿找矿

研究区位于雅鲁藏布江缝合带和班公错－怒江缝合带之间。区内出露地层较为简单，最老的为元古宇唐古拉群中高级变质岩系，呈零星出露；古生界石炭系和泥盆系地层以碳酸盐岩和碎屑岩为主；中生代以来的地层主要分布于研究区的东部，以火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩为特征。构造活动强烈，以近东西向的断裂构造为主，次为北东向。岩浆活动极为强烈，除中生代以来强烈的火山活动外，还伴随有强烈的岩浆侵入活动。

1　中酸性岩浆活动特征

中生代以来区内岩浆活动极为发育，形成的岩浆岩（包括火山岩）面积占全区面积的50%以上（见图1）。岩浆活动的时代主要为燕山晚期和喜山期。总体上看，区内岩浆岩的分布具有明显的分带性，大致以谢通门－当雄断裂为界可分为东西两个区。

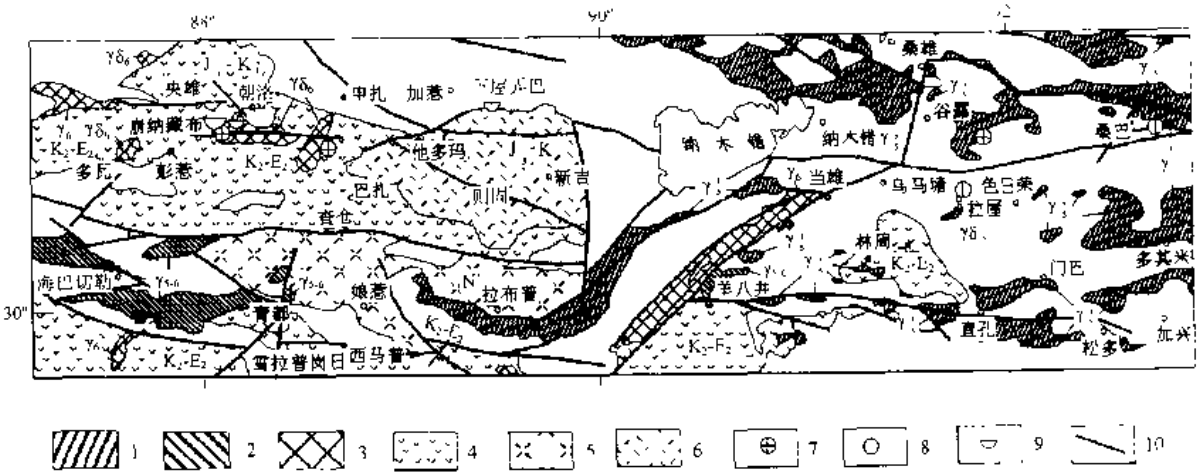


图1　冈底斯－念青唐古拉褶皱带中段岩浆岩分布图

1－燕山晚期中酸性侵入岩；2－燕山晚期－喜马拉雅期中酸性侵入岩；3－喜马拉雅期中酸性侵入岩；4－上白垩－下第三纪火山岩；5－第三纪火山岩；6－上侏罗统－下白垩统火山岩；7－岩金矿点；8－多金属矿点；9－砂金矿床（点）；10－断裂构造

主要作者简介：张学军，男，1965年生，高级工程师，现主要从事黄金地质研究工作。

1.1 西段念青唐古拉岩浆岩分布区

岩浆活动以燕山晚期中酸性岩浆侵入活动为特征，出露的岩体主要有班戈、直孔、桑巴、罗钦拉、桑雄、绒米、拉屋等30余个岩体，成带分布明显，一般侵入于古生代到晚侏罗纪地层中，接触带附近的围岩一般都受到明显的接触热变质作用，发生角岩化、大理岩化或夕卡岩化。K－Ar同位素年龄在75～139Ma之间。

主要的岩石类型为黑云母花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩等。岩石的SiO_2的含量在68.18%～76.58%之间，K_2O含量在2.32%～5.63%之间，K_2O含量大于Na_2O，除个别岩体外ANKC值大于1，具有S型花岗岩石化学特征，与中国平均花岗岩平均值相比，岩石具有富SiO_2、K_2O、CaO，贫FeO、MgO成分。岩石具有较高的稀土元素总量，ΣREE为105×10^{-6}～275×10^{-6}，δEu为0.12～0.75，具较明显的铕负异常。

1.2 东段冈底斯北部岩浆岩分布区

区内岩浆活动发育有：燕山晚期－喜马拉雅期、喜马拉雅期中酸性岩浆侵入活动，燕山晚期、喜马拉雅期火山岩浆活动。

燕山晚期－喜马拉雅期中酸性岩浆侵入岩体有梅巴切勒、羊八井及德米岩体，主要岩石类型为黑云母二长花岗岩、花岗闪长岩、黑云钾长花岗岩。侵入于古生代白垩统－下第三系地层中，当接触带附近的围岩为灰岩和泥灰岩时产生接触交代作用，形成夕卡岩。岩石的SiO_2的含量在58.9%～72.5%之间，K_2O含量大于Na_2O，ANKC值小于1，具有I型花岗岩石化学特征，与中国平均花岗岩平均值相比，岩石具有贫SiO_2，富CaO、MgO成分。岩石具有较高的稀土元素总量，ΣREE为288.5×10^{-6}，δEu为0.56，具铕负异常。

喜马拉雅期岩浆侵入岩体有甲岗岩体、崩纳藏布岩体、昂孜错、许如错、雄梅岩体等，以岩株形式出露。主要岩石类型为花岗岩、斑状花岗岩、角闪花岗岩等。岩体明显受到后期蚀变作用，蚀变类型主要有钾长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化。钾化主要表现为钾长石交代斜长石，其次为黑云交代角闪石。硅化主要表现为石英粒间紧密嵌生，常沿岩石的微裂隙和斑晶边缘交代长石类矿物。绢云母化及绿泥石化常与硅化相伴随。

火山作用主要发育两个阶段，第一阶段是晚侏罗世晚期－早白垩世的钙碱性火山喷发，火山作用从早至晚由海陆交互变为陆相环境下中心式爆发作用兼岩流喷溢。第二阶段是晚白垩纪－早第三纪钙碱性火山喷发，以海陆交互相到陆相环境的多旋回中心式爆发和喷溢为特征，形成了规模巨大的弧型火山岩带。

上侏罗统－下白垩统火山岩较广泛分布于该区的北部纳木错以西地区。层位有上侏罗－下白垩统则弄群、曲松波群和下白垩统郎山组，是一套含大量火山岩屑的钙碱性岩类组合。其主要岩性有英安质凝灰岩、安山质凝灰熔岩、火山角砾凝灰熔岩、流纹岩、粗面岩、安山岩、英安岩、玄武岩等。

喜马拉雅期火山岩：主要的火山岩层位有上白垩统－下第三系林子宗群及上新统乌郁群。

七新统乌郁群火山岩分布于青都陆相火山盆地中，主要由安山岩、流纹岩、凝灰岩、熔结凝灰岩、火山角砾岩组成。

七白垩统－下第三系林子宗群火山岩具多个喷发旋回性，主要岩性为安山岩、安山质火山角砾岩、英安岩、流纹质火山角砾岩、熔结凝灰岩等。火山喷发以间歇性爆发和喷溢为特征，岩浆从中酸性向酸性、偏碱性演化。在火山活动期后，发育有较强的次火山及低温热液活动，形成大量的次火山脉岩及石英脉。

玄武岩具有相对高的 K_2O(2.93%)、Al_2O_3(18.28%)及 FeO/MgO 值(2.3～3.7)，安山岩属低钾系列(K_2O 为 1.22%～1.67%)，流纹岩的 K_2O 含量大于 Na_2O。在戈蒂尼－里特曼指数图解图上的投影点均落在造山带火山岩区。安山岩的稀土元素总量在 183×10^{-6}～267×10^{-6}之间，(La/Lu)值在 6.453～17.28 之间，配分模式为轻稀土富集向右倾的平滑曲线。

从上述可看出，东西两个岩浆岩区在岩浆活动上存在较大的差异，主要表现在以下几方面：

(1)在时代上，西部区岩浆以燕山晚期岩浆活动为主体，东部区岩浆活动主要集中于燕山晚期－喜山期。

(2)在岩浆活动方式上，东部区岩浆活动以中深成岩浆侵入活动为主体；而西部区除发育岩浆侵入活动外，更发育有强烈的火山活动，形成了规模空前的弧形火山岩带。

(3)在侵入岩的岩性上，东部区相对较偏酸性，以花岗岩为主，西部区除花岗岩外还大量发育有花岗闪长岩及石英闪长岩。

(4)在岩相上西部区喜山期岩体岩石发育有斑状及似斑状结构，具有浅成相岩浆岩特征。东部区燕山晚期侵入岩具中深成特征。

(5)在侵入岩成因类型上，东部区以 S 型花岗岩为主，属同碰撞花岗岩；西部区为 I 型与 S 型花岗岩均有发育，有很多岩体具过渡型花岗岩特征。

2 金矿找矿方向探讨

2.1 岩浆岩的含金性

从总体上看，区内岩浆岩及地层的金丰度较低，1:50 万化探测量成量表明，研究区属低背景区，各地层金元素含量背景平均值在 0.8×10^{-9}～1.7×10^{-9}之间。

西部地区大量发育的上白垩－下第三系火山岩其含金性较好，金丰度平均值在 6×10^{-9}～12×10^{-9}之间变化。在各类火山岩中以火山角砾岩含金性最好(表 1)，金丰度最高可达 240×10^{-9}，平均含量为 12.6×10^{-9}，相当于克拉克值的 3 倍以上。说明该区岩浆爆发机制有利于金元素的富集成矿。喜山期斑状花岗岩及花岗斑岩也同样具有相对较高的含金丰度，平均为 2.1×10^{-9}～3.7×10^{-9}之间，比该区其它侵入岩类岩石要高出很多。表明晚白垩－晚第三纪火山岩(尤其是火山角砾岩)及喜山期中酸性岩体分布区具有良好的金矿找矿前景。

表 1　崩纳藏布一带各类岩浆岩含金性表

岩性	流纹岩	凝灰岩	火山角砾岩	斑状花岗岩	花岗斑岩	脉岩
单样最高含量/($\times10^{-9}$)	30	60	240	5	12	4.5
平均含量/($\times10^{-9}$)	6.7	6.2	12.6	2.1	3.7	2.9
一般含量变化/($\times10^{-9}$)	3~7	3~12	3~16	1~3	2~5	2~3

据李金高，西藏地矿局第五地质大队。

大量的矿床实例表明，西藏砂金矿主要产在山前沟口洪积扇的偏顶部位、向心水系发育的聚水盆地、小沟谷及河漫滩等地，总体上具有近源的特征。区内已发现的砂金矿床(点)有崩纳藏布、马尔空、央雄、下屋弄巴等，主要集中分布于西部弧形火山岩及喜山期花岗岩体分布地区，充分说明西部弧形火山岩及喜山期花岗岩体分布地区是金矿成矿有利地区。

申扎－那曲地区 1:50 万水系沉积物测量工作研究表明，金异常多沿岩浆岩带展布，同时有明显沿中酸性岩体内外接触带分布的趋势。在东段罗钦拉燕山晚期黑云母花岗岩基的西侧，围绕花岗岩体的一系列的金异常分布，同时还伴随有 Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi 元素异常(见图 2)。

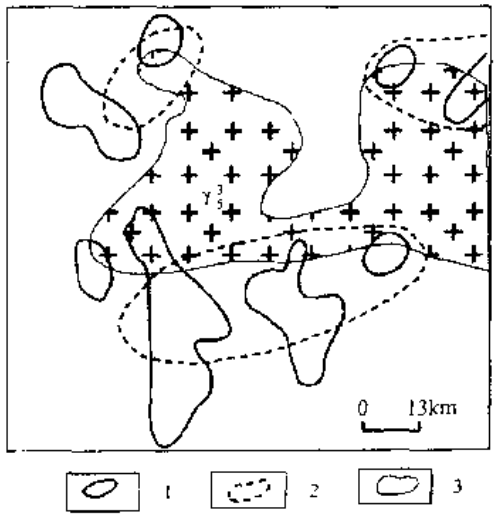


图 2　罗钦拉岩体区金及伴生元素异常略图

1－金异常，2　伴生元素 Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi 异常，3－花岗岩体

西段喜山期中酸性岩体与异常的分布关系密切，新沟乡一带 1:10 万水系沉积物化探成果表明，金异常主要分布于甲岗花岗岩体的外接触带上。而且由岩体到围岩成矿元素具有分带性，高温元素 Mo、Bi 主要分布于岩体的内部，As 分布在岩体的内外接触带上，Au、Ag 分布在外接触带。充分说明区内岩浆侵入活动在金矿成矿元素的迁移、富集成矿过程中具有重要作用。

2.2　找矿方向探讨

从上述我们可看出，区内岩浆活动对区内金矿成矿起着重要作用，由于东西两区岩浆

活动存在着很大差异，所以在金矿找矿工作中应区别对待。

在东部区，岩浆活动主要表现为燕山晚期中酸性岩浆侵入活动，断裂构造发育，岩浆岩主要沿东西向断裂构造分布，在岩体与围岩的内外接触带上发育有较强的蚀变，金及伴生元素化探异常主要沿断裂及岩体的内外接触带分布。该区应是中深成岩浆热液型金矿找矿的有利地区。那曲县尤卡岩金点就是一个例子。

那曲县尤卡乡岩金矿点产于桑巴燕山期花岗岩基的内外接触带上，岩浆岩的主要岩石类型为黑云母花岗岩、黑云斜长花岗岩、黑云正长花岗岩、细晶花岗岩和角闪花岗岩等。出露地层主要有石炭系、二叠系、侏罗系及白垩系等，岩性以石灰岩、砂岩、砂板岩和火山岩较为常见。矿石类型为石英型及构造蚀变岩型，矿化主要为褐铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化，石英脉广泛分布于花岗岩体及上侏罗统砂板岩中，沿断裂及裂隙贯入，最高品位可达 12.50×10^{-6}。

同时在燕山晚期岩浆侵入体的外接触带(围岩)中广泛发育有矽卡岩化，并伴随有铜、铅等多金属矿化，常伴生有金矿化。拉屋铜矿就属该类型。

在西部地区，燕山晚期－喜山期火山活动强烈，同时伴随有次火山岩浆活动，次火山脉岩及低温热液活动发育，是火山－次火山岩型金矿找矿的有利地区，火山次火山机构及次火山脉岩将是最好的找矿目标体。目前该区由于金矿找矿工作程度较低，还未发现一个该类型的金矿点，但位于冈底斯南部的谢通门爆破角砾岩型金矿床的发现就是一个很好的例证。

另外，区内火山岩特征与日本菱刈金矿区岛弧型火山岩具有相似性(据李金高，1992)，同时热泉活动发育，应该说该区也是寻找热泉型金矿的有利地区。

西部地区喜山期中酸性岩体蚀变作用强烈，与围岩的内外接触带也是寻找与中深层岩浆热液有关金矿床的有利部位。目前在喜山期崩纳藏布花岗闪长岩体与第三纪火山岩的内接触带上发现了一系列的含矿石英脉；在喜山期甲岗花岗岩体的外接触带上发现了含矿蚀变砂岩。这表明喜山期中酸性侵入岩体的内外接触带上也是金矿找矿的有利部位。

3 结语

上述简单总结了区内岩浆岩的及其含矿性特征，在此基础上，可以将区内金矿找矿方向总结如下：

(1)在东部中深成岩浆岩分布区，以化探工作为基础，以岩体内外接触带为找矿目标，寻找中深成岩浆热液型及矽卡岩型金矿床。

(2)在西部区以寻找火山－次火山岩浆热液型为主体，兼中深成岩浆热液型金矿床。

以上结论是在现有资料的基础上的一个粗浅总结，随着金矿找矿工作的不断深入及资料的积累，相信不久区内岩金找矿方面定能有所突破。

参考文献

陈昌伦等，藏北班戈－桑巴中酸性侵入岩带的岩石特征与含矿性，西藏地质，1992，第1期。
李金高，西藏崩纳藏布岛弧火山杂岩的含金特点及找矿意义，西藏地质，1992，第1期。
西藏自治区地质矿产局，西藏自治区区域地质志，北京：地质出版社，1993。
邢文臣等，西藏花岗岩体含矿性的判别，火山地质与矿床，1998，19(3)。
赵咸明，西藏申扎－那曲地区金地球化学特征及其找矿意义，西藏地质，1994，第2期。

藏北地区砂金矿的成矿地质条件及找矿方向初探

邹依林

(武警黄金地质研究所,河北 廊坊,065000)

摘 要 藏北地区具有典型的高原湖盆沉积地貌特征,超基性岩和中酸性火山喷发岩有较高的含金背景值,是砂金矿的主要物质来源。区内岩浆活动强烈,断裂构造异常发育,为金元素的活化、迁移、富集提供了介质、热动力和成矿空间。本文试图通过对藏北地区砂金矿床成矿地质条件的分析和探讨,建立高原湖盆地区砂金矿的成矿模式,以期扩大藏北地区的找矿远景。

关键词 藏北地区 砂金矿 成矿模式

藏北地区砂金矿的开采利用已有2000多年的历史,全区古采坑和淘金遗迹普遍可见。已知的砂金矿床和矿化点达40余处,其中主要有崩纳藏布、玛尔崆、卡足、赛尔空、下吴弄巴、央雄、拉日曲、扎西错布等[1],但大多是小型砂金矿床,只有崩纳藏布砂金矿达大型规模(图1)。

1 成矿地质背景

本区大地构造上处于青藏高原中生代褶皱系的喀喇昆仑-唐古拉褶皱带和冈底斯念青唐古拉褶皱带内,著名的班公湖—怒江缝合带从中经过。

区内出露的地层不完整,前震旦系念青唐古拉群和古生代地层零星分布,晚石炭统是一套陆源碎屑岩、碳酸盐岩[2]。侏罗系地层发育完好,为一套海相碎屑岩、碳酸盐和火山建造。白垩系地层出露广泛,在藏北西部是一套海相碎屑岩、火山碎屑岩和碳酸盐岩沉积;在藏北东部主要是以陆相沉积为主的一套山间磨拉石建造和断陷盆地沉积,局部见有火山碎屑岩。第三系是一套中酸性火山喷发和岩浆侵入形成的火山杂岩,分布较广。第四纪广泛发育有冲积、洪积、冰水沉积、化学沉积等。其中陆湖碎屑岩和火山喷发岩具有较高的含金背景值[3],是本区砂金的主要物质来源(表1)。

区内岩浆活动剧烈,特别是在燕山期和喜山期,侵入岩和火山喷发岩广泛分布,主要有花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩和石英二长岩等。区内石英脉、伟晶岩脉也随处可见。岩体(脉)、石英脉的产出部位和空间分布明显受到断裂构造的控制,呈带状分布,与区域构造线方向一致。通过对崩纳藏布大型砂金矿床的各类不同岩性的含矿性的对比(见表1),可以看出,这些岩浆岩和石英脉也具有较高的含金丰度值,同样是本区砂金的重要物质来源,而且岩浆期后热液还为金元素的活化、迁移和富集提供了介质和动力。

作者简介:邹依林,男1972年生,工程师,现主要从事黄金地质研究工作。

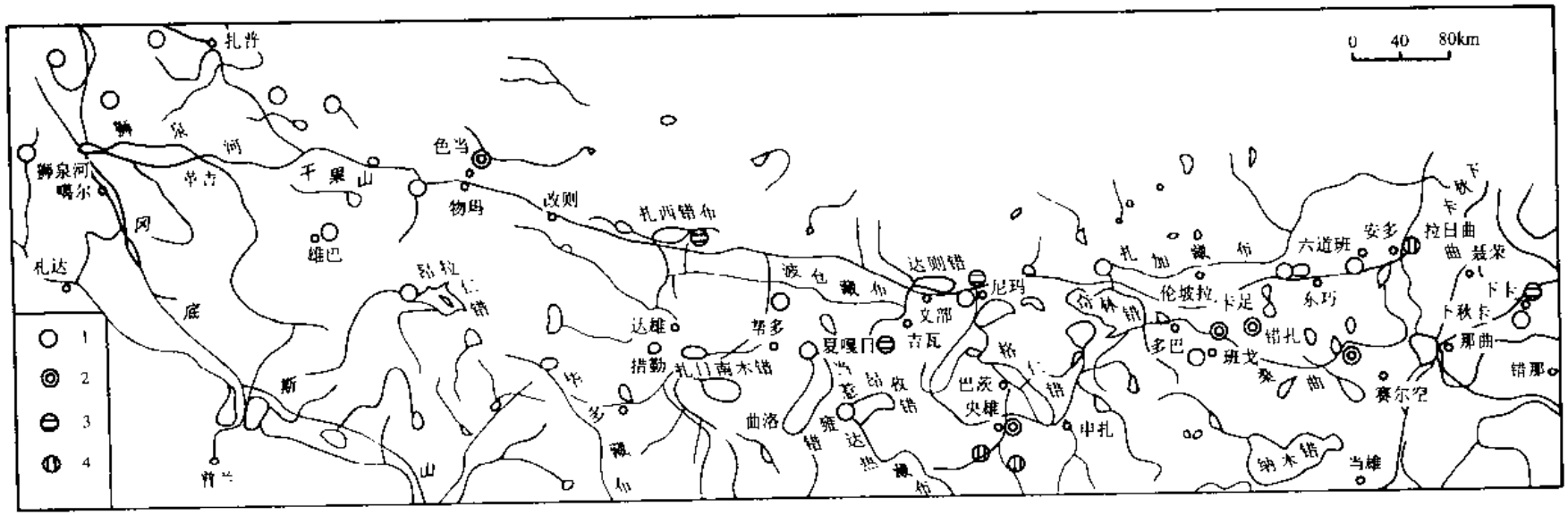


图 1　藏北地区矿金矿分布图(据李金城,1993,有修改)

1. 旧采区砂金矿(优点);2. 已结束普查工作的砂金矿;3. 已结束勘探工作的矿金矿;4. 正在进行开采的矿金矿

区内断裂构造十分发育，东西向是主要的控岩、控矿断裂构造，与南北向、北东向、北西向断裂构造一起把本区的地层切割成大小不等的菱形断块，形成了本区特有的高原湖盆地貌特征，有利于本区砂金矿的富集成矿。

表 1　崩纳藏布不同岩性含矿性对比表

岩性 / 含矿性	陆源碎屑岩	碳酸盐岩	喷出岩			侵入岩		脉岩	石英脉
			流纹岩	凝灰岩	火山角砾岩	斑状花岗岩	花岗斑岩		
样品数量/(件)	38	10	53	36	72	14	31	5	10
单样最高品位/($\times10^{-9}$)	100	4.5	30	60	240	5	12	4.5	6
单样最低品位/($\times10^{-9}$)	1	1.5	2	1	1	1	1	2	1
平均品位/($\times10^{-9}$)	9.0	2.3	6.7	6.2	12.6	2.1	3.7	2.9	2.9
一般变化品位于/($\times10^{-9}$)	2~7	2~3	3~7	3~12	3~16	1~3	2~5	2~3	2~3
≥10 $\times10^{-9}$样品所占百分比(%)	7.8	0	13.2	31	16.7	0	3	0	0
相当于克拉克值(4×10^{-9})倍数	2.3	0.6	1.7	1.6	3.2	0.5	0.9	0.7	0.7
相当于同类岩石含金丰度值倍数	6	1.5	4.5	4.1	8.4	1.4	2.5	1.9	1.9

（据李金高，1992）

2　第四纪地质地貌特征

本区地貌上为南羌塘高原湖盆区的措勤－班戈高原湖盆亚区、那曲高原宽谷湖盆亚区和日土－革吉高原宽谷亚区。总体上，本区具有西高东低、南陡北缓的典型低山丘陵地貌特征。盆地、湖泊星罗棋布，其中纳林错和色林错是西藏地区最大的两个湖泊，主要受东西向断裂构造控制。水系发育，较短小，向心流入湖泊。河流众多，主要有狮泉河、波仓藏布、扎加藏布、尼瓦藏布、达热藏布、达果藏布等，呈东西流向，与其支流近直角相交。本区的砂金矿主要分布在河流的 2 级水系和 1 级水系中，最佳砂金富集地段为“开门山”下方和“关门山”上方之间的宽阔谷地，如崩纳藏布和拉日曲砂金矿床。

在第四纪时期，由于高原强烈隆起，气候冷暖变化剧烈，导致物理风化和化学风化作用加强[4]，为金元素的活化、迁移和富集提供了介质和动力。间歇性的新构造运动，使本区地壳总体处于抬升，局部存在差异，造成了藏北诸多断陷盆地和构造谷地的高原低山丘陵地貌特征，在河床、河漫滩的宽阔地段堆积大量的第四纪冲积物、洪积物、冰碛物、残坡积物和化学沉积物，为金素在较短的时期内迅速析离、迁移和富集提供了有利条件

3　矿床地质特征

3.1　矿物特征

自然金颜色多为金黄色－黄色，少数呈浅黄色、褐黄色，强金属光泽。形态上主要有粒状、板状、片状，占 80% 以上，少数为棒状、针状、丝状、长条状、枝杈状、不规则状等。金粒表面粗糙不平，部分有浊坑，边缘呈锯齿状或卷曲状，有擦痕、断口，少数与石英或褐铁矿形成连成体[5]。砂金的粒度 0.1～1mm 的占总数的 91% 多，在区内卡足砂金矿最大金粒达 $14\times9.5\times2.5mm^3$，崩纳藏布砂金矿最大金粒达 $7\times4.5\times1mm^3$，说明本区砂金矿的

物源区较近，砂金矿可能是在较短的时期内迅速富集成矿。

3.2 重矿物特征

与金伴生的重矿物主要有黄铁矿、褐铁矿、磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、石榴石、锆石、金红石、磷灰石、榍石、方铅矿、重晶石、石英、锡石、白钨矿、刚玉、辰砂等。各砂矿的重矿物组合大同小异，主要是“金＋多金属硫化物＋石英”组合，可见多金属硫化矿物是本区寻找砂金矿的一个重要标志。另外，从金与石英的连生和本区广泛分布的石英脉有明显的多金属矿化现象，说明石英脉也是本区砂金的物质来源之一，也是本区寻找砂金矿的重要标志。

3.3 矿体特征

本区砂金矿主要赋存于全新世和上更新世河床、河漫滩和Ⅰ级阶地的砂砾层、砾砂层或粘土质砂砾层中。矿体空间分布与河流走向基本一致，随河流弯曲而弯曲，在主河流与支流、支谷的交汇处和河谷的膨大部位，矿体随之变宽；在河谷变窄及“关门山”口处，矿体也随之变窄或尖灭。矿体在平面上呈狭长带状或沿走向呈宽窄变化较大的不规则条带状；剖面上呈层状、似层状或透镜状。砂金矿体的规模、品位相差较大，目前已探明的砂金矿除崩纳藏布已达大型外，其它的砂金矿规模均较小[15]，说明本区存在较大的找矿远景（见表2）。

表2 藏北地区砂金矿体特征表

砂金矿床名称	平面形态	剖面形态	矿体规模			矿体平均品位/(g/m³)	厚度变化系数/%	品位变化系数/%
			长度/m	宽度/m	厚度/m			
安多县拉日曲砂金矿	不规则带状	层状、透镜状	4900	167.25	0.85	0.5874	84.50	75.13
安多县赛尔空砂金矿	条带状	似层状	7452	297	3.30	0.1430	53.29	113.87
班戈县扎西错布砂金矿	L形带状	似层状	10350	212	2.56	0.2481	64.53	96.99
申扎县崩纳藏布砂金矿	反L形带状	层状、似层状	18672	242.2	4.72	0.5874	55.53	236.76
班戈县错扎砂金矿	狭窄条带状	层状、似层状	3738	62	5.03	0.3402	66.33	149
班戈县卡足砂金矿	狭窄条带状	透镜状、似层状	7320	173	2.72	0.2204	32.74	35.58

（据李金城，1993）

3.4 砂金的物质来源

本区砂金矿床的物质来源具有明显的多源性，主要有：地层中含金背景值较高的陆源碎屑岩和第三系岛弧型火山喷发岩是本区砂金矿的矿源层；矿化蚀变的岩体或岩脉；矿化蚀变的石英脉　另外，在河流上游及其两侧的冲积物、洪积物、残坡积物、冰积物也普遍含金，为砂金矿的形成提供了次生来源。

4 砂金矿的成矿模式

4.1 成矿地质特征

通过对本区砂金矿的成矿地质背景、第四纪地貌特征和矿床地质特征的探讨，藏北地

区砂金矿具有有别于其它地区的独特成矿地质特征，概括起来是：

(1)金的物源多。既有来自于含金高背景值的地层；又有蚀变矿化的岩浆岩和石英脉提供的；并且河床、河漫滩中的第四纪各种沉积物亦是砂金的重要物源之一。

(2)成矿时代新。本区砂金矿的形成主要集中在晚更新世或全新世，较之国内外主要砂金矿床的成矿时代明显偏新。

(3)物源区近。大多数砂金矿床的矿体距其物源区在 10km 以内，具有"就地取才"的特点。

(4)成矿期短。成矿作用过程相对短促，许多金矿床至今不处在成矿过程中。

(5)新构造运动和古气候的双重控制作用是本区砂金矿的主要成矿作用。

(6)"金＋多金属硫化物＋石英"组合。本区大部分砂金矿的矿物特征和重砂矿物组合显示出这种矿物组合特征。

(7)河流的"开门山"下方与"关门山"上方间的宽阔谷地是最为有利的砂金成矿地段，砂金主要富集于河床、河漫滩和Ⅰ级阶地的砂砾层或砾砂层中。

4.2 成矿模式

通过对本区砂金矿的成矿地质条件的综合分析，对砂金的富集规律进行系统总结，建立本区砂金矿床的一般成矿模式：赋存于超基性岩、中酸性火山喷发岩和矿化蚀变的岩体(脉)与石英脉中的金元素在间歇性的新构造运动和古气候的双重控制作用下[6]，从母岩中分离析出、溶解，在物理风化、化学风化作用和流水作用、冰川－冰水作用下，金在第四纪沉积作用形成的河床、河漫滩和Ⅰ级阶地的砂砾层和砾砂层中迅速富集形成本区不同类型的众多砂金矿床(如图 2)

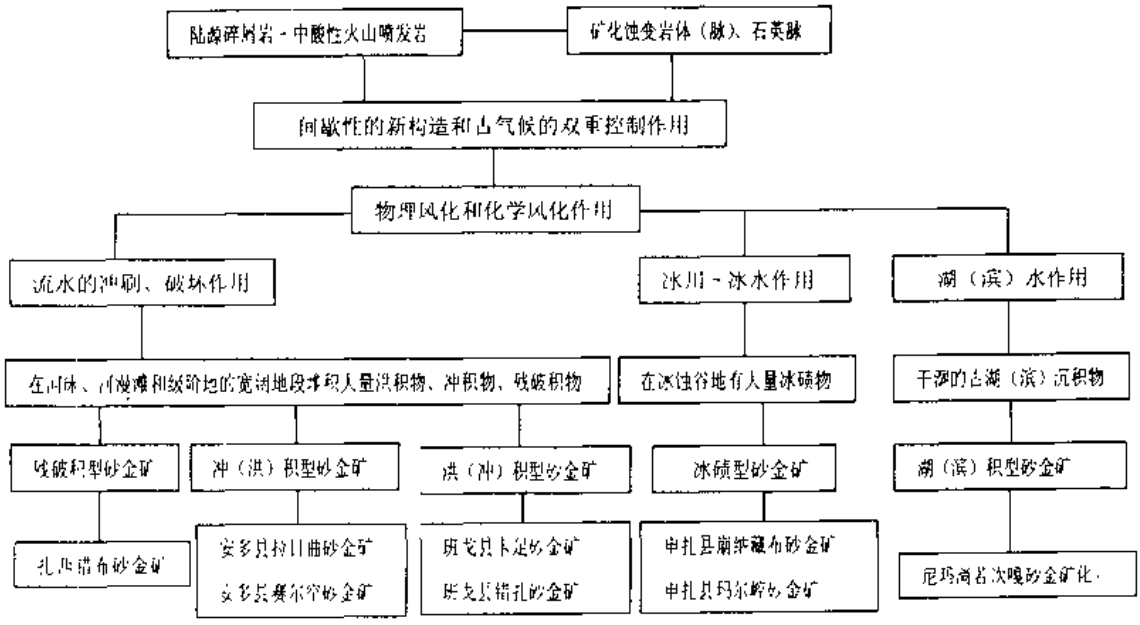


图 2 藏北地区砂金矿成矿模式图

5 找矿前景预测

藏北地区具有典型的高原低山丘陵地貌特征，第四纪湖盆各类沉积物丰富，超基性岩和中酸性火山喷发岩有较高的含金背景值，岩浆活动强烈，断裂构造发育，岩石受挤压破碎，普遍发生了硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化等矿化蚀变作用，是寻找砂金矿和岩金矿最为有利的地区。特别是在2级或1级水系的河谷中、即河床、河漫滩、Ⅰ级阶地具有最为有利的找矿前景。崩纳藏布大型砂金矿正是产于这样的地段，具有典型的高原湖盆沉积地区砂金矿床的特征，因而区内与之成矿地质条件极为相似的达热藏布、达果藏布、尼瓦藏布可以作为本区Ⅰ级找矿远景区，目前西藏地质五队已经在这些地区相继发现了玛尔崆、央雄等砂金矿(点)。另外，西藏地质五队于1992年在波仓藏布进行水系重砂调查时圈出了几个异常区，其中有21件重砂样品已达边界品位，该区可以作为Ⅱ级找矿远景区。

考虑到本区砂金矿具有近源成矿的特点，其物源区一般在10km内，因此在砂金矿床的上游的低山丘陵和Ⅱ级阶地有可能是寻找原生岩金矿的最为有利地段。2000年，通过对崩纳藏布砂金矿上游的野外路线地质调查，发现该砂金矿上游的一座小山丘上有四条近平行等间距分布的石英脉(花岗伟晶岩脉)，有黄铁矿化、黄铜矿化、绿泥石化、碳酸盐化等矿化蚀变，分析其地表样的单金品位已达0.28×10^{-6}，另外，据崩纳藏布砂金矿的矿长介绍，类似的石英脉在该区非常普遍，显示出本区还具有非常好的岩金找矿远景。

参考文献

[1]李金城，藏北地区砂金矿床地质特征及其找矿方向，西藏地质，1993，(2)：70～78。

[2]西藏自治区区域地质志，西藏自治区地质矿产局，北京：地质出版社，1993。

[3]李金高，西藏崩纳藏布岛弧火山岩的含金特点及找矿意义，西藏地质，1992，(1)：48～55。

[4]中国人民武装警察部队黄金指挥部，砂金矿勘查工作手册。北京：原子能出版社，1989。

[5]潘甘杰，西藏崩纳藏布砂金矿矿物特征及其成矿物源的初步探讨，西藏地质，1992，(2)：64～70。

[6]王成善，丁学林，青藏高原隆升研究新进展综述，地球科学进展，1998，(6)：526～532。

海相火山岩型金矿床及其在中国西部勘查前景分析

卿　敏　李文良

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　火山岩型金矿床已成为国内外金矿普查的主导类型。但以往的工作多集中在陆相火山环境中的金矿床，对海相火山岩中的金矿床并未引起足够重视。本文系统总结了海相火山岩型金矿床的地质描述模型和成因模型，讨论了该类型金矿床在中国西部的勘查前景，认为在西部地区应注意该类型金矿床的普查找矿。

关键词　海相火山岩型金矿床　矿床模型　勘查　中国西部

火山岩型金矿床是近20年来金矿勘查取得重大突破的一种金矿床类型。在环太平洋中、新生代火山岩带、地中海－喜马拉雅中、新生代火山岩带和蒙古－鄂霍次克古生代火山岩带等与板块俯冲、碰撞拼贴造山带以及某些裂谷火山岩带（如澳大利亚新南威尔士Budawang裂谷古生代火山岩带），发现了一批超大型（金＞400t）、特大型（金100～400t）和大型（20t＜金＜100t）火山岩型金矿床。初步统计，该类型金矿床已探明总金属量近2万t，占世界已探明金储量的40%（李兆鼐，1999），已成为国外十分关注和寻找的主要类型金矿床。

我国东滨西太平洋成矿带，北邻蒙古－鄂霍次克成矿带，西南处于地中海－喜马拉雅成矿带东段，具有良好的火山岩型金矿床成矿条件和找矿前景。近年来，我国将火山岩型金矿床列为主要突破类型之一，并做了大量工作，也取得了一些进展，发现了东天山斑岩铜金矿（伴生金预测＞100t）、福建紫金山斑岩铜金矿（金＞100t）及黑龙江东宁金厂隐爆角砾岩型金矿床（金＞30t）。然而，与国外相比，我国火山岩型金矿床勘查程度还比较低，金矿床的储量、规模都要逊色。目前，深入研究该类型金矿床在我国的成矿潜力和找矿方向，对提高该类型金矿床的勘查程度是非常必要的。

1　火山岩型金矿床及海相火山岩型金矿床

火山岩型金矿床是指赋存在火山岩－次火山岩系中的金矿，还包括那些产于火山岩次火山岩系附近的地质体中的而又具备火山岩型金矿床地质地球化学特征的矿床（涂光炽，1994）。按成矿作用理解，火山岩型金矿床是指那些与火山岩或及其相关的浅成岩、超浅成岩和潜火山岩（含它们的脉岩）时空相随和成因相关的、形成于近地表－浅成深度相的热液金矿床（韦永福等，1994；刘连登等，1999）。

作者简介：卿 敏，男1967年生，博士，高级工程师，现主要从事黄金地质研究工作。

Hayba 等(1984,1986)、P. Heald 等(1987)、R. H. Sillitoe(1988)、李兆鼐(1999)、涂光炽(1989,1994)、胡受奚等(1998)以及刘连登(1999)等众多学者以实用为出发点,从不同角度对火山岩型金矿床进行了分类。本文根据火山岩型金矿床的定义,参考上述各家各具特色的分类方案,本着可操作性强,有利于指导野外勘查和有利于区域成矿预测的角度,提出一个五型的分类方案(图 1)

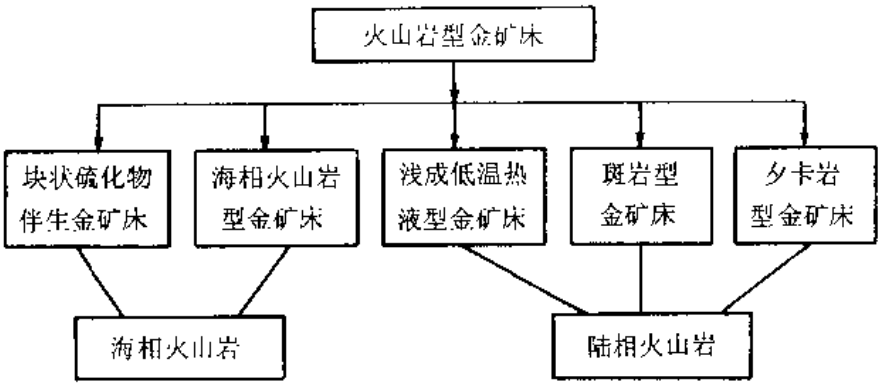


图 1　火山岩型金矿床分类图谱

国内外火山岩型金矿床的研究工作已经进行得非常深入。但纵观国内外火山岩型金矿床的研究成果,主要针对的是产于陆相火山环境中的金矿床。海相火山岩中除块状硫化物伴生金矿床外,海相火山岩型金矿床的研究和找矿工作并未引起足够重视。

海相火山岩型金矿床的概念是我国著名地质学家涂光炽先生(1993,1994)提出来的,涂先生根据我国实际地质情况,首次把产于元古代以来含矿岩系为海相火山岩的金矿单独划分出来,称为海相火山岩型金矿床。该类型金矿床与产于陆相火山环境中的金矿床有较大差异,正确区分这两种类型,对研究成矿理论,金矿床的时、空分布规律及金矿找矿都是有补益的(涂光炽等,1994)。

2　海相火山岩型金矿床模型

2.1　地质描述模型

表 1 列出了海相火山岩型金矿床标型地质特征,对比分析了与陆相火山岩中浅成热液脉型金矿(国外习称的浅成低温热液金矿)的异同。

2.2　成因模型

涂光炽(1994)总结了海相火山岩中浅成热液脉型金矿床的成因模式,包括火山晚期热液模式,与海相基性火山岩同源的浅成中性岩浆晚期热液成矿及变质热液成矿;新疆地质六队(1991)在研究康古尔海相火山岩型金矿时提出多成因复合成矿模式;陈锦荣、陈光远等(1999)提出墨江金厂金矿床多期多阶段矿化叠加富集成矿模式。上述成矿机制在海相火山岩型金矿床可能都存在,只是不同矿床表现的方式不一样。

下面从成矿演化历史阶段，综合总结该类型金矿床成因模型如下：

2.2.1 第一阶段：成岩阶段

(1)在大洋中脊、弧后洋盆等拉张环境中，幔源的基性岩浆喷溢、爆发在海底堆积成岩－主要为蛇绿岩；

(2)大洋板块俯冲早阶段，在大陆板块一侧岛弧中基性火山活动，在海底形成中基性火山岩熔岩和火山碎屑岩。

2.2.2 第二阶段：成矿阶段

(1)海底火山活动晚期或间歇期的热液，深源岩浆所携带的金矿物质及挥发分在晚期开始富集，逐渐积累，沿火山通道和火山断裂上升。热液在上升过程中还能淬取围岩中的金，而且火山活动有利于海水循环，热卤水混合为新的热液，交代围岩，在合适的空间沉淀成矿或流体在火山机构断裂系或其周围冲出流通渠道，形成含金矿体。

表 1 海相火山岩型与陆相火山岩中浅成热液脉型金矿床地质描述模型对比

名称	海相火山岩型	陆相火山岩型
成矿地质环境	大洋中脊、洋岛、弧后大洋盆地，陆缘弧早期	岛弧、大陆边缘活动带，板内深(?)断裂带或裂谷
围岩含矿及成岩、成矿时差	蛇绿岩，中基性熔岩－沉积岩；成岩、成矿时差变化范围大	中酸性熔岩，火山碎屑岩； 成岩、成矿时差多较小
成矿时代	元古代－新生代	中－新生代
控矿构造	火山机构(火山口、破火山口、火山管道、环状及放射状断裂裂隙)，构造破碎带，韧性剪切带	同左，但由于陆相火山岩多为中心式喷发、喷流，因而火山机构控矿更为常见，并可见爆破角砾岩脉
围岩蚀变	黄铁矿化、绢云母化、毒砂化、硅化、菱镁矿化、滑石化、绿泥石化、碳酸盐化、蛇纹石化、铬云母化	黄铁绢英岩化、硅化、绢云母化、冰长石化、明矾石化、粘土化、青磐岩化、萤石化
矿石矿物	矿石矿物相对简单，以黄铁矿、毒砂为主，少量到微量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，含砷、镍、铬矿物，金矿物以自然金为主，含成色多大于 900	矿石矿物十分复杂，黄铁矿、胶状黄铁矿、白铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿为主，少量到微量矿物有黝铜矿族、硫砷铜矿、硫锑铜银矿、针硫铋铅矿、硫铋铜矿、淡红银矿、深红银矿、辰砂、雄黄、雌黄、辉锑矿、辉银矿、螺状辉银矿，少量硒化物、硫化物
脉石矿物	石英、蛋白石、玉髓、碳酸盐、绢云母、绿泥石、滑石、铬云母、菱镁矿	石英、玉髓、蛋白石，其次有萤石、菱镁矿、冰长石、重晶石、粘土矿物、明矾石、硫盐矿物
矿化类型	矿化类型：石英脉型、破碎蚀变岩型、蚀变硅质岩型； 矿体型态：脉状、网脉状，出现似层状、板状	矿化类型：石英脉型、破碎蚀变岩型； 矿体形态：脉型、网脉型
矿石组构	浸染状、斑点状构造，胶状及角砾状构造，半自形－自形结构、胶状结构、充填交代结构	充填结构、胶状结构、皮壳结构、晶洞空隙和角砾状构造，梳状构造和网脉状构造
成矿深度	＜1500m，多小于 1000m；矿化延深较小，＜500m	＜1500m，矿化延深较小，多小于 500m
伴生矿产	无或含 Ni，偶尔伴生 Cu、Pb、Zn、Ag 多不出现	常伴生 Ag、Cu、Pb、Zn、Mo 等元素
实例	哈图、康古尔、老王寨、墨江金厂金矿	紫金山铜金矿、堡子湾、金厂沟梁、二道沟金矿、归来庄金矿

(2)火山活动末期,与海相火山岩同源的浅成中性岩浆活动期,浅成中性岩浆一方面晚期热液提供部分矿质和热液;另一方面能提供巨大的热动力,促使海水循环,淬取围岩中的金,在合适的构造部位沉淀成矿。

(3)火山活动期后中酸性岩浆活动阶段,岩浆期后热液和大气降水循环,淬取海相火山岩中的金,在合适的构造部位沉淀成矿。

(4)火山活动期后,动力变质作用阶段,多形成韧性剪切带,岩石、矿物的粒化过程,重结晶过程以及变质热液作用,形成含矿溶液,在晚期变质变形带富集成矿。

该成因模型比较全面,系统地阐述了海相火山岩型金矿成岩、成矿的整个演化过程。但由于地质作用的复杂性,具体到每个矿床,金的成矿作用过程并不完全雷同,突出表现在上述的几个演化阶段并不完全出现。一个矿床可能是上述所列的成矿作用中的某一个(如哈因金矿),也可能是几个成矿作用混合带叠加的结果,称多期多成因复合矿床(如墨江金厂金矿、康古尔塔格金矿)。

2.3 主要找矿标志

含矿岩系(蛇绿岩、基性火山熔岩-沉积岩)→控矿构造(包括控制火山活动的构造及控矿火山机构、断裂、韧性剪切带)±中酸性侵入岩体(岩脉)→蚀变标志。

3 我国西部海相火山岩型金矿床勘查前景

该类型金矿床目前在世界各类金矿中,并不占重要地位,更不及陆相火山环境中的金矿床重要。但是,由于我国地质构造复杂多样,在地质历史演化不同阶段,海相火山活动十分强烈,海相火山岩分布广泛(涂光炽等,1994),海相火山岩型金矿床找矿前景广阔,尤其在西部地区,该类型金矿应该成为重要的主导金矿类型之一。

(1)从成矿作用分析,元古宙以来海相火山岩系的特征和太古宙绿岩带的火山岩系十分相似,二者的主要区别在于形成时代和后期的变化;再者,海相火山岩分布区中酸性岩浆活动强烈,也类似于太古宙绿岩带。说明两者的成矿条件有较大的相似性。

(2)我国西部自元古宙以来,海相火山活动十分强烈,海相火山岩分布广泛,西部3个成矿域14个Ⅱ级成矿区带内均不同程度的出露有不同时期的海相火山岩。包括天山-兴安成矿域中的天山、北山、东准噶尔、西准噶尔、阿尔泰等5个Ⅱ级成矿区带;秦-祁-昆成矿域中的祁连山、东昆仑、西昆仑、阿尔金、柴北缘以及西秦岭等6个Ⅱ级成矿区带;特提斯-喜马拉雅成矿域中的班公湖-怒江、雅鲁藏布江以及三江等3个Ⅱ级成矿区带、这些区带具广阔的找矿空间。同时,海相火山岩分布区中酸性岩浆活动强烈,为成矿提供了良好条件。

(3)目前在我国西部地区已发现了一系列大中型海相火山岩型金矿床,如西北地区哈图、萨尔托海、康古尔塔格、石英滩等金矿床,西南地区墨江金厂、老王寨等金矿床。该类型金矿床在探明的储量和产量上均具有举足轻重的作用,已经显示出非常良好的找矿前景。

参考文献

陈毓川主编，中国主要成矿区带矿产资源远景评价，北京：地质出版社，1999。
陈毓川主编，当代矿产资源评价的理论与方法，北京：地震出版社，1999。
中国科学院黄金科技工作领导小组，中国金矿研究新进展，第一卷（上篇），北京：地震出版社，1994。
中国人民武装警察部队黄金指挥部，云南省墨江金厂超基性岩金矿地质，北京：地震出版社，1999。

藏北砂金地质特征及找矿方向

吴洁民　马建文　吴继清
（武警黄金第七支队，四川 成都，610036）

摘　要　藏北地区多阶段、多期次的构造岩浆活动为金的活化、迁移、富集成矿提供了良好的条件。区内发育有一系列的隆起带、断陷带和断裂带，隆起带是风化剥蚀区，断陷带是接受沉积的主要场所，而它们的过渡带往往是砂金分布集中区。藏北砂金具有显著的近源成矿特点，金矿一般位于河流的上游及支沟。在找矿方向上，冲（洪）积河谷型砂金矿是普查找矿的重点，同时要加强对河湖积型砂金矿的研究。在地质找矿过程中，应充分考虑藏北特殊的地理环境。

关键词　藏北　砂金　地貌　地质特征　找矿方向

藏北包括那曲地区和阿里地区大部，大部分为无人区，自然条件恶劣。本文所研究的区域为革吉－改则－尼玛－申扎－班戈一带，即班公湖－怒江板块结合带（也称班公湖－怒江断裂带）中西段及两侧地区。区内砂金开采历史悠久，古采区到处可见。近年来，本区的砂金地质勘查取得了重大突破，先后找到了崩那藏布，那朗等大中型砂金矿和一大批小型砂金矿，显示了该区砂金找矿和开发的良好前景。研究藏北地区的砂金地质特征，总结成矿规律，确定找矿方向，对该区的砂金地质勘查有着重要的指导意义。

1　砂金成矿地质背景

本区大地构造位置处于班公湖－怒江板块结合带中西段，北侧为羌塘－昌都陆块，南侧为冈底斯－念青唐古拉陆块。

本区自晚古生代以来的板块活动使地壳形变、岩浆活动、变质作用和沉积建造于分复杂。区内呈近 EW 向延展的断裂、褶皱、蛇绿岩带、花岗岩带以及新生代断陷－隆起带组成了巨大的 EW 构造带，它们与 NW、NE 向共轭断裂、剪切断裂、近 SN 向张性断裂以及由此造成的断陷谷地和走滑－拉张盆地一起构造成了该区的基本构造格局。

班公湖－怒江板块结合带为长期活动的断裂带，沿结合带断续出露不同规模的蛇绿岩带、构造混杂岩带和时代较老的断块。中酸性岩浆侵入活动在班公湖－怒江断裂带及两侧较强烈，往往与中酸性火山岩类共生，形成火山岩浆岩带。在断裂带北侧岩浆岩带以印支晚期和燕山期岩浆岩为主体，而南侧的岩浆岩带则以燕山晚期为主体。

区内多阶段、多期次的构造岩浆活动，为金的活化、迁移、富集成矿提供了良好的条件

主要作者简介：吴洁民，男 1957 年生，高级工程师，主要从事金矿地质勘查、成矿预测。

2 区域地貌、第四纪地质及新构造运动

本区地貌属高原湖盆区，高原形态完整、地形切割微弱，以高原低山丘陵为主，间有宽阔的盆地和谷地，河流属以湖泊为中心的放射状内流水系。

在藏北内流区，水系多数为季节河，部分完全靠大气降水供给的河流几乎终年断流。河床的横向摆动和改道极为频繁，形成宽阔的谷地与细小弯曲、分叉的水流极不相称的地貌景观。河床河漫滩及河谷阶地是河谷地貌的主体，在有砂金物源的情况下，它们都是有利于砂金矿床形成的地貌单元。藏北河流侵蚀能力较弱，阶地不发育，一般仅有 1～2 级低阶地，阶地高度小于 5m。

EW、SN 向两级构造带及相配套的斜向构造带在区内广为发育，它们对藏北的河流湖泊及断陷盆地的发生、发展与变迁起着重要的控制作用，这些构造带一般由隆起带、断陷带和断裂带 3 个基本单元所组成，隆起带是风化剥蚀区，断陷带是接受沉积的主要场所，而它们的过渡带往往是砂金分布集中区。

第四纪沉积物的空间分布与构造及地形的关系十分密切，藏北地区第四纪沉积物分布较广，其中以湖积相和河流相沉积物为主，次有洪积物、冰水沉积物、冰积物及其混合类型沉积物。

从第三纪末开始至今的新构造运动在西藏的活动举世瞩目。新构造运动对本区的影响主要在高原的强烈隆起、断裂的复活和新断裂的产生，它是控制全区地貌的形成与演变及第四纪松散沉积物分布的主要内营力因素。

现代藏北高原地貌的形成是新构造运动的结果，高原发育的两级夷平面的高度为 4500～5000m 和 5200～5500m，形态基本完整，第四纪地层倾角平缓，表明新构造运动是以垂直运动为主。夷平面的发育标志着新构造运动相对稳定。为砂金成矿提供了有利条件。

新构造运动决定了区域地势的总坡向和水系的格局，决定着侵蚀与堆积地形的空间分布和区域地貌的发展方向，从而对砂金的空间富集与分布有重要控制作用。

3 砂金矿形成机制及分布富集规律

藏北砂金矿类型有冲(洪)积河谷型砂金矿、冲(洪)积阶地型砂金矿、洪积型砂金矿、河湖积型砂金矿、残坡积型砂金矿。最有工业意义的为冲(洪)积河谷型砂金矿。

班公湖－怒江断裂带及两侧的基性超基性岩、中酸性岩、变质火山岩为有利于成矿的含金源岩，班公湖－怒江带自印支期以来的长期活动和继承性活动，为金的活化、迁移和再分配提供了较多的机遇和条件。

藏北砂金分布普遍，是新构造运动和古气候双重作用的结果，新构造运动开始以来，高原平均海拔由 100m 左右上升到 4000～5000m 以上，如此强烈的抬升运动必然导致高山地区的剧烈风化剥蚀和沉积区的快速堆积，第四季冰期和间冰期的交替出现，又成为砂金成矿的外营力因素。

在冰期(寒冷气候条件下)山区岩石经历了强烈的冰冻风化过程，为松散沉积提供了

大量的碎屑物，在转入温湿和湿热气候环境时，这些碎屑物又进一步遭到化学风化和流水的搬运分选，因而砂金能够大量解离出来，有利于砂金成矿物质的准备。藏北处于缓慢的上升运动区，表现为隆起不大的低缓山区，那里河流侵蚀基准面经常处于缓慢下降的变动之中，因此为河流对重矿物进行分选与富集提供了必要的条件。最富的砂金矿都是生成于早期经过风化夷平后来隆起不大的山区河谷中。

藏北水系多成树枝状，河谷坡度较缓，宽度适宜，在有利地貌处容易形成冲积砂金矿。正由于河谷坡度缓，河流的搬运力小，故在藏北形成的主要是近源的冲(洪)积河谷型砂金矿。隆起区与沉降区的过渡带，不仅是地貌变异带，而且往往是构造岩浆活动带和矿化热液活动的有利地带，一般也是砂金成矿有利区和砂金矿分布较密集地区。

研究表明，本区砂金矿具有以下分布富集规律：

(1) 砂金矿床(点)在空间上有成群成带分布的特点，这主要受原生金矿化带以及水系地貌格局所决定。在藏北砂金矿床(点)严格受到班公湖－怒江断裂带控制，分布在陆块隆起区和断陷区的过渡带。

(2) 在地层角度不整合地区，发育有古风化壳、底砾岩，是砂金矿形成的有利条件。在古隆起的周围水系中，形成砂金矿的可能性较大。

(3) 近源成矿是藏北砂金的最显著特点。砂金矿及富矿体主要产在河流上游及支沟中，矿体往往距物源区几公里，有的甚至几百米。在一条水系的许多支沟中，若源头有中酸性岩体分布，同时断裂比较发育，这样的支沟往往能富集成矿。在超过 10km 的支沟内，砂金主要富集在中上游，在小于 10km 的支沟内，砂金主要富集在中下游。

(4) 砂金主要富集冲积层下部即底板之上 1～2m 处；若冲积层中间夹有粘土层形成假底板，或者河流底板基岩未风化且发育裂隙，那么，在假底板之上砂砾层中以及基岩裂隙中也是砂金富集部位。由于河流长时间演化，河流不断改道，在一些水系砂金富集在高邦(残坡积物)下部的砂砾层中。

4 藏北砂金找矿方向及找矿方法

4.1 藏北砂金矿找矿方向

砂金成矿的主要条件包括提供砂金物质的地质背景及使砂金富集的有利地貌，因此，在砂金找矿选区、选择河流时应考虑以下一些因素：

(1) 隆起区与沉降区的的过渡带、地层角度不整合面以及古风化壳、底砾岩发育的地区，是形成砂金矿的主要区带和部位，河流的源头及两侧有中酸性岩体分布，或热液活动明显、变质作用强烈，且断裂发育，对形成砂金矿有利。

(2) 在各类型砂金矿中，冲(洪)积河谷型砂金矿连续性、稳定性好，埋藏浅、形态简单、底板较平坦，往往规模大、品位较富，在藏北加强对该类型砂金矿的地质找矿工作尤为重要。另外，应高度重视河湖积型砂金矿，在区内大小湖泊星罗棋布，藏北高原在形成演化过程中，至少经历两次间冰期即“泛湖期”，据韩同林(1983)研究，在“泛湖期”湖面高度较现代湖面高出约 200～300m，受同一构造带控制的串珠状湖泊呈贯通的河湖形态，并可能都是外泄的，这为砂金成矿创造了适宜的地貌和水动力条件，因此，加强对河湖积型砂

金矿的研究有极为重要的理论意义和找矿价值。

(3)砂金旧采迹是找矿的直接线索和标志。藏北群众开采砂金矿的历史悠久,旧采迹分布很多,除了阶地上和个别无水的支沟砂金矿前人采的较多外,河漫滩上只要砂砾层厚度超过5m,由于有水,(过去无水泵,无法采到底板),砂金主要富集位置在接近基岩处,基本上破坏不大。因此,过采区经过长时间金物质的搬运和沉积,有可能重新富集为矿床。

4.2 砂金找矿方法

藏北高寒缺氧,交通、通讯条件差,施工周期短,因此在找矿中除了选用常规方法手段外,还应采取一些必要的方法。

(1)野外踏勘调查时一定要到达河流上游及支沟,若地质背景和地貌条件有利,即使在地表重砂淘洗中见到少量的金或不见金,仍应不等距地布置1~2条勘探线。

(2)第一条勘探线应布置在河流中最有利部位,见矿后稀疏布置工程施工,初步控制矿体规模后,可按勘探类型的工程网度施工,探获普查储量。

(3)砂钻是砂金勘查的主要手段,汽车钻的特点是施工进度快,但在支沟中搬迁难,简易型钻机虽施工速度慢,但易搬迁,因此,野外地质分队要同时配备两种类型的钻机,汽车钻安排在工程量大、交通方便的地段施工,简易型钻机安排在难搬迁的地段中施工,两种钻机结合起来,就保证了野外的正常施工。

开采砂金矿具有成本低、见效快的特点,同时通过近源砂金矿往往可以找到岩金矿,因此,加强藏北砂金地质工作,努力探明岩、砂金矿资源,对发展西藏地方经济具有重要的现实意义。

本文在成文过程中,得到了七支队部分技术人员的热情帮助,武警黄金第三总队姜才高级工程师审阅稿件并提出了指导性意见,在此表示衷心感谢。

参考文献

杜光树等,西藏金矿地质,成都:西南交大出版社,1993。

中国人民武装警察部队黄金指挥部,砂金矿勘查工作手册,北京:原子能出版社,1998。

赵景增,藏北砂金找矿工作初探,西藏地质,1991,总第5期。

东昆仑地区金矿成矿地质条件及成矿规律分析

肖 力　刘志杰　刘 刚　慕 涛　孙 岳
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　东昆仑地区地质构造复杂，依昆北断裂、昆中断裂和昆南断裂将东昆仑地区分为四个构造－岩浆岩带，由北而南依次为昆北构造－岩浆岩带、昆中构造－岩浆岩带、昆南构造－岩浆岩带、巴颜喀拉构造－岩浆岩带；该区具良好的金矿成矿地质背景条件、构造条件、岩浆条件和金源条件；各构造－岩浆岩带中金矿化类型具一定的差异性，由昆北金成矿带→昆中金成矿带→昆南金成矿带→巴颜喀拉金成矿带，金矿化类型变化为：矽卡岩型→构造蚀变岩型、隐爆角砾岩型、石英脉型、矽卡岩型→石英脉型、构造蚀变岩型→石英脉型、构造蚀变岩型；成矿元素组合变化为：Fe、Pb、Zn、Au→Au、Pb、Cu、As→Au、Cu、Hg、As→Au、Sb、As、Hg；成矿温度变化为：高中温→中温→低温→低温。

关键词　金矿化类型　成矿条件　成矿规律　东昆仑地区

东昆仑地区北侧为柴达木地块，南与羌塘地块相邻。柴达木盆地被形容为“镶着金边的聚宝盆”，此金边在盆地南缘表现为近东西走向的东昆仑成矿带。本文东昆仑地区系指肯德可克以东，巴颜喀拉山主脊以北，柴达木盆地以南地区。地理坐标：东经 91°30′～98°30′，北纬 35°～37°。近年来，随着地质研究程度的提高，发现了肯德可克、小干沟、五龙沟、开荒北、东大滩、大场等金矿床和一大批金矿化点，显示出良好的找金前景和巨大的找矿潜力。

1　区域地质概况

东昆仑地区属中国大陆中央造山带－昆仑－秦岭－大别山的西部，位于古亚洲、特提斯、环太平洋三大构造成矿域的交接部位，地质构造复杂，跨越多个大地构造单元。该区区域构造具近东西向展布的分带表现，以昆北断裂、昆中断裂、和昆南断裂将东昆仑地区分为四个构造－岩浆岩带，由北而南依次为昆北、昆中、昆南和巴颜喀拉构造－岩浆岩带（图 1），其中以昆南断裂为界，其北属华北陆块和扬子陆块的古生代－中生代陆缘活动带，其南侧与特提斯构造带紧邻，是欧亚板块与印度板块碰撞拼接的部位。

昆北、昆中构造－岩浆岩带具华北陆块的统一基底，主要地层为长城系金水口群角闪岩相片麻岩，下盖层（$Pt_2^2-Pt_3^1$，冰沟群和丘吉东沟群）仅分布于昆北构造－岩浆岩带，中盖层（O_3^1-Q）分布广泛；岩浆岩出露面积最大，前加里东期、加里东期、海西期、印支－燕山期都有发育，其中以海西期和印支期最为重要。海西期，昆北构造－岩浆岩带、昆中构

主要作者简介：肖 力，男 1971 年生，硕士，工程师，主要从事黄金地质研究工作。

造。岩浆岩带发育花岗岩类深成侵入岩,印支期.昆北构造－岩浆岩带主要为高钾钙碱性

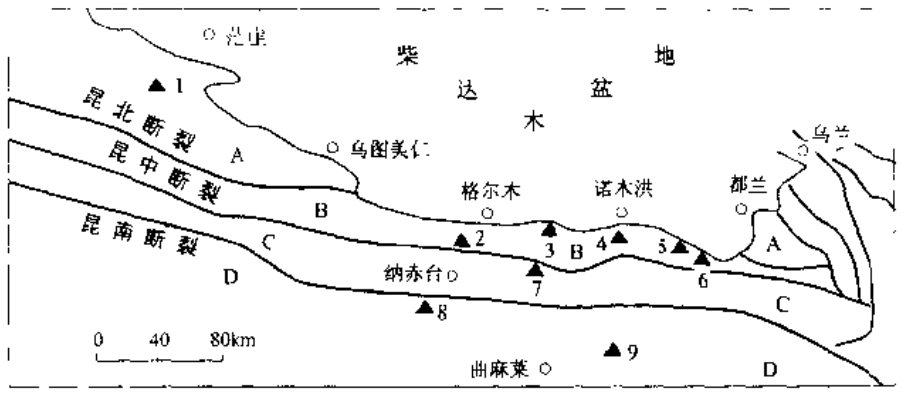


图1 东昆仑地区构造－岩浆岩分带及金矿床分布略图

A－昆北构造－岩浆岩带;B－昆中构造 岩浆岩带;C－昆南构造－岩浆岩带;D－巴颜喀拉构造－岩浆岩带;1 肯德可克金矿;2－小干沟金矿;3－五龙沟金矿;4－诺木洪金矿;5 巴隆金矿;6－托克妥金矿;7－开荒北金矿;8－东大滩金矿;9－大场金矿

－钾玄岩系列的玄武岩－安山岩－英安岩－流纹岩及粗面岩,昆中构造－岩浆岩带为高钾钙碱系列的角闪安山岩、闪长玢岩及细粒闪长岩组合,为浅成－超浅成的中性岩和隐爆角砾岩。

昆南构造－岩浆岩带出露一套以碎屑岩、碳酸盐岩及火山岩为代表的万保沟群(Pt_{2-3})基底变质岩,具"准蛇绿岩套特征"与金水口群差异性明显;上覆盖层纳赤台群(Py_1)以浅变质碎屑岩和碳酸岩为特征,二叠系洪水川群、闹仓坚沟组和八宝山群具碎屑岩、碳酸岩、火山沉积岩为特征;该带发育印支期－燕山期浅成－超浅成的钠长岩和钠长角砾岩、石英斑岩。巴颜喀拉构造－岩浆岩带,几乎全由二叠系和中、下三叠系以陆源碎屑岩为主的复理石层系组成,侵入岩以印支－燕山期酸性花岗岩为主。

2 金矿床地质特征

东昆仑地区金矿可分为内生(岩金)和外生(砂金)两种成因类型金矿。再按金矿地质特征、蚀变类型、成矿过程把内生金矿分为矽卡岩型金矿、蚀变岩型金矿、石英脉型金矿和隐爆角砾岩型金矿。

2.1 肯德可克金矿

肯德可克金矿床主要金矿化类型是矽卡岩型,该矿床赋矿岩系为上奥陶统铁石达斯群,主要岩性有含碳质硅质岩、碳质页岩、大理岩,矿化分布于碳酸盐岩层与花岗闪长岩和石英正长斑岩接触部位,同时受近东西走向的断裂破碎带控制。矽卡岩化以石榴子石矽卡岩、透辉石矽卡岩化为主,金矿体呈透镜体状,分布于破碎带的上、下盘,金矿化体东西向延伸,长近500m,厚0.5～1.0m,厚富金矿体似层状产出,矿化在断裂破碎带变宽,产状陡变处富集;矿石具碎裂构造、角砾状构造,金平均品位4×10^{-6}～5×10^{-6};围岩蚀变为硅化、绿泥石化、阳起石、方解石化、绿帘石化、黄铁矿化,蚀变矿物呈细脉状、微细网脉状分布。金属矿物为黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、磁铁矿组合,主要成矿元素组合为Fe、Cu、Pb、

Au,成矿时代为海西－印支期。

2.2 小干沟金矿

小干沟金矿主要金矿化类型为构造蚀变岩型,金矿赋存于千枚岩、砂质板岩中,矿脉(体)受近东西向的构造破碎带控制,金矿脉厚 0.1～2.0 m,未控制长度,矿石平均品位 2×10^{-6}～4×10^{-6},石英脉在构造蚀变带中呈脉状、网脉状、团块状产出,主要金属矿物为黄铁矿、自然金,围岩蚀变为绿泥石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、褐铁矿化,成矿元素组合为 Au、Fe。

2.3 五龙沟金矿

五龙沟金矿赋存于下元古界丘吉东沟群浅变质的碎屑岩和火山岩中,主要金矿化类型为构造蚀变岩型、石英脉型、矽卡岩型、隐爆角砾岩型。

(1)构造蚀变岩型金矿化。金矿化受 NWW 向构造破碎带控制,矿脉(体)呈脉状、带状、透镜体状,左行侧列排布,长 100～400 m,最长 710 m,厚 1～3 m,(金品位)1×10^{-6}～10×10^{-6},最高 171×10^{-6},矿石具细脉浸染状、浸染状构造,金属矿物有黄铁矿、毒砂、辉锑矿,围岩蚀变有绢云母化、硅化、毒砂化、黄铁矿化,金属矿物组合为黄铁矿＋毒砂＋辉锑矿,成矿元素组合为 Au、Fe、As、Sb。

(2)石英脉型金、金锑矿化。矿脉一般宽数十厘米,长数米至十余米,最长可达 520m,厚 0.35～3.68 m,辉锑矿、辉铁锑矿沿碎裂石英脉的裂隙呈块状、团块状、网脉状分布,其它硫化物矿物少见,典型金属矿物组合为辉锑矿＋辉铁锑矿＋自然 Au,成矿元素组合为 Au、Sb。

矽卡岩型金矿化产于透辉石化、绿泥石化及透闪石化的矽卡岩化大理岩中,呈脉状产出,矿脉宽约十厘米至数米,长数十米,矿石以块状、稠密浸染状及条带状为主,矿物颗粒粗大,矿石典型金属矿物组合为:磁黄铁矿＋黄铜矿,黄铜矿＋方铅矿＋黄铁矿,成矿元素组合为 Cu、Au 和 Pb、Cu、Zn、Au。

(3)隐爆角砾岩型金矿化。矿脉赋存于浅成－超浅成的闪长玢岩、角闪安山岩、细粒闪长岩以及隐爆角砾岩中。隐爆角砾岩呈脉状、筒状,角砾成分复杂,大小不一,分布不均,砾径几厘米至数厘米,胶结物为暗绿色闪长玢岩,脉内绿帘石化、绿泥石化、黄铁矿化发育于基质和隐爆角砾岩中的胶结物中。浅成－超浅成的脉岩和隐爆角砾岩中金矿化强,金平均品位 0.185×10^{-6},最高 0.38×10^{-6},成矿元素为要为 Au。

2.4 开荒北金矿

开荒北金矿赋矿岩系为中三叠统闹仓坚沟组,主要岩性为砂岩、砂质板岩,主要金矿化类型为石英脉型金矿化,少量构造蚀变岩型金矿化。

金矿脉(体)呈 NWW－SEE 向延伸,金矿脉(体)由细脉组成的网脉状,长数米至几百米,宽度 0.11～0.25m,少数可达 0.5～6m。矿体在剖面上呈透镜体状、串株状分布,平面上具分支复合,尖灭再现的特征,且向两侧呈“帚状”撒开。金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂等,少量辉锑矿,脉石矿物为石英、绢云母、方解石,围岩蚀变发育有褐铁矿化、黄铁矿化、绢云母化、硅化、碳酸盐化、同矿体关系最密切的为褐铁矿化、黄铁矿化及硅化,矿石组构有黄铁矿结核、砂质结核构造,碎裂构造,交代结构,裂隙充填结

构，浸染状、脉状构造，主要金属矿物组合：黄铁矿 + 黄铜矿 + 方铅矿，成矿元素组合为 Au、As、Cu、Co、Fe。

2.5 东大滩金锑矿

东大滩金矿赋矿地层为三叠系巴颜喀拉群变质砂岩、板岩及千枚岩，主要金矿化类型为石英脉型和构造蚀变岩型。金矿脉(体)受 NWW 向构造破碎带控制，破碎带长约 8km，金矿脉(体)沿破碎带断续分布，呈似层状、脉状、串珠状，矿脉(体)一般长约几十米至百余米，最长 200m，宽约 3～8m，最宽 11.2m，金品位 3×10^{-6}～8×10^{-6}，矿体沿走向和倾向变化大，分支复合现象明显，主要金属矿物为辉锑矿、自然金、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂，围岩蚀变有绢云母化、硅化、毒砂化、黄铁矿化，成矿元素组合为 Sb、Au、As、Pb。

2.6 大场金矿

大场金矿赋矿地层为三叠系巴颜喀拉群变质砂岩、砂质板岩及千枚岩，主要金矿化类型为石英脉型和构造蚀变岩型。矿区位于北西向构造带与近东西向构造带的交汇部位，矿化受次级的东西向构造破碎带控制，发育三条近东西向构造蚀变带，将矿区分为三个矿带，矿脉平面上呈串珠状或斜列排布特征，单个矿体呈透镜状，长 180～120m，宽 4～12m，矿石平均品位 4×10^{-6}～8×10^{-6}，主要金属矿物为辉锑矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂，围岩蚀变为绢云母化、硅化、黄铁矿化、，成矿元素组合为 Au、Sb、As、Pb。

3 金矿成矿条件分析

3.1 区域地质背景

地处柴达木陆块南缘的东昆仑地区，是一条长期发展演化而形成的复杂构造带，屡经隆－陷，离－合，褶－断，导致一系列复杂变形和深度变质作用。海西－印支期，显示古特提斯活动的陆缘构造－岩浆活动的特征，在岛弧、裂谷的有利环境中形成近东西向的火山－岩浆活动带，发育与火山岩有关的金含量较高的地层和岩性建造。中新生代经印度板块向北挤压的影响，使金进一步活化、迁移在有利场所富集成矿。这种“构造－沉积(火山)－变质－岩浆”的演化发展系统，为金矿成矿提供了十分有利的地质环境。

3.2 金源

东昆仑地区具备有金矿成矿的有利金源条件.金含量较高的火山－碎屑岩地层和岩浆岩为金矿成矿准备了丰富的物质基础。有利地层主要有下元古金水口群、上奥陶统铁石达斯群、上元古界丘吉东沟群、下三叠统洪水川群、中三叠统闹仓坚沟组以及三叠系巴颜喀拉群。

金水口群片麻岩中金的丰度为 5×10^{-9}，最高可达 50×10^{-9}，且分布广泛，中上元古界万宝沟群。丘吉东沟群和下志留统纳赤台群地层中有大量的中基性火山岩，具良好的金源，三叠系、三叠系(布青山组、洪水川群、闹仓坚沟组、巴颜喀拉群)地层中金的丰度也较高，如闹仓坚沟组金平均含量为 9.5×10^{-9}。

此外，印支期浅成－超浅成的中性岩浆岩中金的丰度为 20×10^{-9}～551×10^{-9}，也显

示良好的金源。这些高的金背景值，无论是原岩初始丰度还是矿化影响，均反映出供矿和聚矿的有利条件。

3.3 构造

东昆仑地区处于地块边缘活动带，NWW 向区域构造带特别发育，同时存在大规模的剪切破碎带。

自元古代以来，本区沿昆中和昆南断裂经历了多次的开－合过程，形成一系列 NW 向或 NWW 向的断裂带，受南北向的挤压俯冲主应力的控制，这些断裂带多次长期活动，具复合力学性质，并派生出近 NNW 向和 NW 向的断裂，控制了金矿化体的产出。现发现的金矿床(点)几乎全受 NWW 向和 NW 向断裂的控制，成矿构造、控矿构造、容矿构造为 NWW－NW 向及其派生的次级构造。例如五龙沟金矿产于近 NWW 向构造带及其旁侧的次级构造中，托克妥金、铜多金属矿产于近 NW 向构造带与环形构造交汇部位，肯德可克金矿产于 NWW 向构造的次级构造破碎带中，小干沟金矿、东大滩金锑矿、开荒北金矿、大场金矿均产于近 NWW 向构造带的次级构造中。

3.4 岩浆活动

岩浆活动作为热力源，提供挥发性组分(矿化剂)和成矿热液，并且较深源的岩浆活动还勾通了深部金源，对金的活化、迁移、富集和成矿均起重要的作用。区内岩浆岩特别发育，前加里东期、加里东期、海西期、印支－燕山期岩浆岩均有发育，以同熔型和重熔型花岗闪长岩类和花岗岩类为主。其中以海西－印支期岩浆活动与金矿化最为密切，特别是印支期浅成－超浅成的岩浆岩与金矿化关系意义重大。如五龙沟金矿区普遍发育浅成－超浅成的中性岩脉，具隐爆特征。此外，本区沿断裂带侵入基性－超基性岩脉，既能带来金成矿物质，又带来一定的深部热液，促使金的活化、迁移、富集。

4 成矿规律分析

4.1 金矿分布空间规律

根据金矿床(点)的分布，结合其地质特征、区域地质背景，将东昆仑地区划分为四个金成矿带：由北而南分别为昆北成矿带、昆中成矿带、昆南成矿带和巴颜喀拉成矿带。

昆北金成矿带　位于昆北断裂以北，柴达木盆地南缘，主要金矿化类型为矽卡岩型，如肯德可克金矿床。

昆中金成矿带　位于昆中断裂和昆北断裂之间，是最主要的金成矿带，主要金矿床有五龙沟金矿床、小干沟金矿床、洪水河金矿点、托克妥铜金矿点，主要的金矿化类型为构造蚀变岩型和隐爆角砾岩型，石英脉型和矽卡岩型也有产出。金矿化与印支期浅成－超浅成中性岩浆岩关系密切。

昆南金成矿带　位于昆中断裂与昆南断裂之间，主要金矿床(点)有开荒北金矿床、驼路沟金矿点、马尔争金矿点，主要金矿化类型为石英脉型，少量构造蚀变岩型金矿。

巴颜喀拉金成矿带　位于昆南断裂以南，主要金矿床有东大滩金锑矿、大场金锑矿，金矿化与三叠系巴颜喀拉碎屑岩有关，主要金矿化类型为石英脉型和构造蚀变岩型。

4.2 成矿规律

(1)金矿床(点)总体上沿近东西向的东昆仑构造带分布,金矿床(点)受近 NWW 向展布的昆北断裂、昆中断裂、昆南断裂三条区域性深大断裂控制,三条深大断裂的次级断裂控制了金矿脉(体)的产出。

(2)金矿化类型及其特征受不同的构造－岩浆岩带的控制(表 1),不同构造－岩浆岩带,因发育地层、岩浆活动和构造变形特征的不同,金矿化类型和主要地质特征不同。

(3)由昆北金成矿带→昆中金成矿带→昆南金成矿带→巴颜喀拉金成矿带,金矿化类型变化为:矽卡岩型→构造蚀变岩型、隐爆角砾岩型、石英脉型、矽卡岩型→石英脉型、构造蚀变岩型→石英脉型、构造蚀变岩型;成矿元素组合变化为:Fe、Pb、Zn、Au→Au、Pb、Cu、As→Au、Cu、Hg、As→Au、Sb、Ag、Hg;成矿温度变化为:高中温→中温→低温。

(4)昆中金成矿带金矿化与浅成－超浅成的中性岩浆岩关系密切;巴颜喀拉金成矿带,金矿化与锑矿化相互伴随,呈正相关关系,锑矿化对金矿化具有重要的指示意义。

表 1　东昆仑地区构造－岩浆分带及金矿化类型

构造－岩浆分带	昆北构造－岩浆岩带	昆中构造－岩浆岩带	昆南构造－岩浆岩带	巴颜喀拉构造－岩浆岩带
发育地层	下元古界基底变质岩,奥陶系火山－沉积岩,泥盆系－下二叠统海陆交互相沉积岩系,上三叠统陆相火山岩,第三、第四系陆相沉积	下元古界基底变质岩,中－上元古界盖层沉积,泥盆－下二叠系陆相、浅海相沉积岩系	上元古界火山－沉积岩,奥陶系火山－沉积岩,石炭－二叠系火山－沉积岩,三叠系沉积岩夹火山岩,侏罗－第四系陆相沉积	二叠系火山－沉积岩出露零星,主要为三叠系海相复理石建造
岩浆活动	花岗岩类侵入岩发育,主要为海西－印支期,火山岩类主要发育于古生代及中生代	花岗岩类侵入岩发育,主要为中－晚期元古代、海西－印支期,中生代有火山岩零星出露	火山岩类发育,晚元古代、早古生代、晚古生代－中生代多期表现,出露印支－燕山期侵入岩	二叠系火山岩不发育,侵入岩类主要出露印支－燕山期花岗岩类小岩体
构造变形	前寒武纪穹隆构造,加里东期以后发育线性构造(褶皱、断裂)	前寒武纪穹隆构造,加里东期以后发育北西向线性构造(剪切带、褶皱、断层)	东西向线性构造为主,加里东期－印支期多期褶皱发育	发育印支期褶皱
金矿化类型	矽卡岩型(肯德可克金矿)	构造蚀变岩型(小干沟金矿、五龙沟金矿)、隐爆角砾岩型(五龙沟金矿、托克妥铜金矿)、矽卡岩型、石英脉型	石英脉型(开荒北金矿)、构造蚀变岩型	石英脉型、构造蚀变岩型(东大滩、大场金锑矿)
成矿元素组合	Fe、Pb、Zn、Au	Au、Pb、Cu、As	Au、Cu、Hg、As	Au、Sb、Ag、Hg
容矿构造	近 EW 向	NNW、NW、NE、NWW 向	NW、NWW 向	NW、NWW 向
成矿温度	高中温	中温	低温	低温
成矿时代	海西－印支期	印支期	印支期	印支－燕山期

(5)砂金矿与岩金矿空间关系密切,砂金矿上游或附近分布有岩金矿、金源层或金异常,如小干沟地区、大场地区和开荒北地区。

参考文献

李厚明.青海省都兰县五龙沟地区金矿化类型,青海地质,1999,(1):36~41。

刘继庆等.东昆仑NW向线性构造带地质特征及找矿意义,西安工程学院报,2000,(4):23~27。

钱壮志等.古特提斯东昆仑活动陆缘及其区域成矿,大地构造与成矿学,2000,(2):134~139。

钱壮志等.东昆仑中带印支期浅成-超浅成岩浆岩及其构造环境,矿物与岩石,2000(2):14~18

袁万明等.东昆仑热液金成矿带及其找矿方向,地质与勘探,2000,(5):20~23。

闫臻等.东昆仑开荒北金矿床地质特征及控矿条件,西安工程学院报,2000,(4):23~27。

内蒙古阿拉善地区成矿规律及找矿方向探讨

王金龙　尹　忠　黄志全　陈小伍
（武警黄金第十一支队，内蒙古 呼和浩特，010010）

摘　要　元古界渣尔泰群浅变质粉砂岩、北山群变质岩及二道洼群各类片岩为该区金矿床的主要赋矿层位。北山地区控矿构造为北西向挤压断裂，阿拉善台隆的控矿构造为北北东向深大断裂。与成矿有关的岩浆岩主要为海西期和燕山期的花岗岩类。金矿床类型有层控型、矽卡岩型和石英脉型。同时总结了该区的找矿标志，提出了成矿预测区，指出了下步找矿方向。

关键词　内蒙古　成矿规律　找矿方向　金矿床

内蒙古阿拉善地区作为黄金指挥部“十五”期间金矿地质勘查工作的重点成矿远景区带，由于特殊的地理环境所限，一直未开展详细的地质预查和普查工作，地质工作程度相对较低，为了响应国家西部大开发政策，我部于2000年及时调整战略布署，在该区开展了长时间的野外预查工作，同时对已有地质成果（特别是物化探成果）进行综合分析和研究，查阅了数十份地质、物化探、遥感及科研资料，进而对该区的成矿规律和找矿方向进行了探讨。

1　成矿规律

1.1　地质背景

研究区大地构造位置跨内蒙中西部地槽褶皱系和华北地台两级构造单元，从西往东次级构造单元分别为：北山晚华力西地槽褶皱带（六驼山复背斜、北山隆起、黑大山复背斜、红柳大泉复向斜、合黎山－北大山西段隆起、居延海坳陷、雅干复背斜、杭乌拉隆起、巴音毛道复向斜、乌兰呼海坳陷），阿拉善断隆（雅布赖山断隆、巴彦诺尔公断隆、龙首山断隆、雅布赖断陷、吉兰泰断陷）。区内地层从太古界－新生界均有出露，但主要的赋矿地层为元古界渣尔泰群浅变质粉砂岩、北山群浅变质岩及二道洼群各类片岩等。构造活动强烈，北山地区构造线呈北西西向，阿拉善台隆构造线呈近东西向。岩浆活动发育、期次多，从深成－喷出，由超基性－酸性、碱性侵入岩均有出露，与成矿有关的岩浆岩主要为海西和燕山期的花岗岩类。

主要作者简介：王金龙，男，1967年生，工程师，主要从事金矿地质研究工作。

1.2 区域地球化学特征

通过分析1:20万区测报告的金属量测量成果，认为具有找矿意义的元素有Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、V等六种，据此圈出各类化探异常共105处，其中Cu异常30处，铅异常33处，锌异常3处，铜锌异常1处，圈出各类重砂异常67处，其中金异常2处。异常大部分分布于元古界渣尔泰群、诺尔公群及北山群地层中及其与岩体的接触带上，同时异常分布有5个集中区(额旗的乌珠尔嘎顺地区、月牙山地区，阿右旗的雅干地区，阿左旗的乌力吉地区，红格尔玉林地区)。

1.3 矿床分布特征

区内已知的内生金属矿产主要有金、铜、铅、铁、镍、铬、钨、锌、锰、褐铁矿等，其中大型金矿床1个(朱拉扎嘎)，中型金矿床3个(卡休他他为伴生铁金矿床，老硐沟为铜铅银金伴生多金属矿，碱泉子)，大型铁矿床1个(黑鹰山)。

金矿床类型主要有层控型：典型矿床为朱拉扎嘎金矿床，矿体赋存于元古界浅变质粉砂岩地层中，严格受地层控制，走向近东西(顺层)，南倾，倾角30°～60°，长500余m，宽30～80m，平均品位2.4×10^{-6}。

矽卡岩型：典型矿床为卡休他他金矿床、老硐沟金矿床，前者矿体赋存于辉长岩与下元古界布达尔干群的矽卡岩接触带内，金矿体呈板状、透镜状分布于矽卡岩铁矿的边部，(为60m以下的盲矿体)，矿脉长50～300m，宽0.45～2.62m，平均品位2.62×10^{-6}。后者矿体赋存于元古界古硐井群碎屑岩及志留纪花岗岩的矽卡岩接触带中，为铅、铜、金、银多金属矿床，矿体呈脉状、不规则状，长50～100m，宽0.20～0.50m，品位在1.00×10^{-6}～10.70×10^{-6}之间。

蚀变岩型：典型矿床为月牙山金矿，矿体赋存于奥陶系变质砂岩地层中，呈条带状(产状320°∠60°)，长150m，宽2.0～5.0m，品位5.00×10^{-6}～8.60×10^{-6}。蚀变现象强烈，见绿泥石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化等。

石英脉型：该类型矿床分布较多，但其规模均较小，石英脉大多呈透镜状或雁行状分布于一些张性裂隙中，品位较高，但规模较小，典型矿床(点)主要有碱泉子、石板井、三个井、白疙瘩等。

1.4 区域地质、物探、化探、遥感成矿标志

该区已完成1:50万、1:10万航空磁测、1:20万区域地质调查测量和部分地区的1:20万、1:5万化探测量，这些资料对研究区域成矿规律以及指导找矿提供了理论依据。另外，我支队于2000年在该区开展了1:50万遥感解译及矿点普查工作。根据以上区域地质、区域物化探、区域遥感及野外矿点普查和异常检查成果，总结出该区的区域地质、物化探、遥感等找矿标志。

(1)区域构造标志：该区特殊的大地构造位置(地台与地槽的接合部)为矿床(点)提供了重要的成矿热液及成矿物质通道。北山地槽褶皱带、北大山－合黎山西段隆起、巴音诺尔公断隆等次级构造与成矿关系更为密切，如：石板井、月牙山、老硐沟金矿点即分布于北山地槽褶皱带，朱拉扎嘎、乌兰呼都格金矿床(点)分布于巴音诺尔公断隆，碱泉子、东三

个井、西三个井等金矿点则赋存于北大山－合黎山西段隆起。

(2)岩浆岩标志:金、铜及多金属矿床(点)在成因及空间分布上与燕山期和华力西期中酸性－中基性侵入岩有关,其岩性为花岗闪长岩、花岗岩、闪长岩等。如:巴音杭盖金矿床、陶来金矿点、东三个井金矿点赋存于华力西期花岗岩内,饮水井金矿点赋存于花岗闪长岩内,白疙瘩金矿点则赋存于闪长岩中。

(3)赋矿层位标志:金矿床(点)大多赋存于上述岩体的外接触带,赋矿地层主要为元古界渣尔泰群、二道洼群、北山群,太古界乌拉山群及奥陶系。如:西三个井、碱泉子、哈尧哈尔等金矿点赋存于元古界二道洼群地层中,石板井金矿点赋存于元古界北山群中,乃木毛道、乌兰呼都格金矿点赋存于太古界乌拉山群中,朱拉扎嘎、老硐沟等金矿床(点)则赋存于元古界渣尔泰群地层中,月牙山金矿点赋存于奥陶系地层中。

(4)控矿构造标志:北西西向、东西向深大断裂控制着金、多金属矿床(点)的空间分布,金矿床(点)多分布于近东西向与北东向构造的交汇部位及其附近,而其更次级的构造则为金矿床(点)的赋矿空间。

(5)围岩蚀变标志:有较强的围岩蚀变现象,中酸性侵入杂岩有钾长石化、云英岩化,中基性侵入岩有云英岩化、青盘岩化、绢云母化和绿泥石化,变质岩地层显示硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化及矽卡岩化等。

(6)矿化类型标志:主要见黄铁矿化、黄铜矿化、褐铁矿化、方铅矿化等。

(7)物化探标志:物探、化探异常吻合,磁异常显示负磁场区边部的等值线扭曲处。化探异常显示 Pb、Ag、Zn、Sn、Cu 等元素的高地球化学背景,其浓集中心系数大于 1。特别是上述金属异常组成的复合异常带。

(8)遥感标志:线、环形构造密集分布区。主要受线性构造控制,特别是在主干线性构造一侧发育的与其斜交的次级线性构造部位,并且附近有环形构造(岩浆环)存在;或是主干线性构造与环形构造的交汇部位,环形构造叠加部位以及环形构造的边缘内侧等部位一般有矿产产出。

1.5 区域成矿预测

根据以上地、物、化、遥成矿标志,结合区域地质、物探、化探、遥感等背景,将内蒙古西部阿拉善地区划分为 8 个成矿预测区,现分述如下:

(1) 金巴山－石板井－白云山金、多金属成矿预测区(C 类)。

区内大面积出露地层为元古界北山群片岩、大理岩;岩浆活动强烈,有斜长花岗岩、花岗岩等中酸性大岩体。线、环形构造发育,有三条地质实测大断裂,同时有 F_3、F_{3-1}、F_4 三条解译大断裂从区内穿过,环形构造有 8 个,而且是环中有环。区内有三个金矿点(石板井、石板井东、石板井北),铁、铜、锰等矿点 11 处。

(2)乌珠尔嘎顺多金属成矿预测区(C 类)。

地层为奥陶系和侏罗系;岩浆岩有花岗闪长岩和花岗岩;区内发育 4 条东西向构造,共有 14 个环形构造,且成串珠状或放射状;有 Pb13、Cu9、Cu5、Ni1 等多个化探异常。

(3)月牙山－洗肠井金、多金属成矿预测区(B 类)。

出露地层为奥陶系粉砂岩、灰岩、中基性火山岩、碎屑岩及板岩;南部有震旦系碳酸盐和硅质岩分布,北部有斜长花岗岩,东部有花岗岩出露;区内构造以北西西向构造为主;有

化探异常多处，主要有 Pb20、Cu39、Pb1、Pb77、方铅矿 9 等；遥感解译见线形构造，呈向东撒开状分布；金矿点有 1 处(月牙山)，铅矿点 3 处，铜铁矿点 2 处。

(4)东三个井－卡休他他金、多金属成矿预测区(B 类)。

出露地层主要为元古界二道洼群变质砾岩、变粒岩、各种片岩及大理岩，此外还有二叠系含煤碎屑岩、泥灰岩及碳质板岩；岩浆岩以中基性岩为主，为闪长岩、花岗闪长岩及花岗岩；构造不甚发育，但高家窑－狼山深大断裂从其南部通过；有 Ni35、Cu34、Cr37 等异常分布于预测区东部；有金矿床(点)3 处(卡休他他，东三个井，白疙瘩)，多金属矿点 10 余处。

(5)西三个井－碱泉子金矿成矿预测区(C 类)。

地层为元古界二道洼群；岩浆岩为花岗岩；线形构造发育，有 4 条线形构造，3 个环形构造；有 2 个金矿点(西三个井、西西三个井)，1 个金矿床(碱泉子)。

(6) 阿拉坦哈拉－巴音诺尔公金矿成矿预测区(B 类)。

地层出露太古界乌拉山群片麻岩，元古界渣尔泰群变质粉砂岩；岩浆活动强烈，主要以花岗岩为主，且大面积出露；构造活动强烈，为大断裂的交汇部位，其东部、南部有环形构造；有金矿床(点)3 处(朱拉扎嘎、阿拉坦哈拉、额尔格铁苦)，铁、铜、铅等矿点 6 处。

(7)乌力吉金、多金属成矿预测区(C 类)。

区内岩石以花岗岩为主，并有花岗闪长岩零星分布；线、环形构造极其发育，有一条区域性大断裂横穿预测区，有 5 个环形构造互相叠加交汇；化探异常有多处，分别是 Au－1，CuPbZn－1，NiCo－1，W4，CuPb15，Cu－3，Cu41，CuPbZnAg26 等。金矿点 1 处(阿达格达阿根)，铜及多金属矿点 4 处。

(8)雅干金、多金属成矿预测区(C 类)。

出露地层主要为元古界渣尔泰群及二叠系和石炭系；岩浆岩以花岗岩为主；线环形构造极其发育，线形构造呈向南撒开状，环形构造有 3 个；化探异常众多，有 Pb46、Cu39、Pb、Cu 等十余处；金矿点 1 处(呼伦西白)，多金属矿点 6 处。

2　工作建议及找矿方向探讨

(1)对金巴山－石板井－白云山金、多金属成矿预测区内的石板井金矿点、石板井东金矿点、石板井北金矿点开展矿点检查和遥感解译工作。

(2)对乌珠尔嘎顺多金属成矿预测区内的多个化探异常，特别是 Pb13、Cu9、Cu5 等异常开展调查、地化剖面和遥感解译工作。

(3)对月牙山－洗肠井金、多金属成矿预测区内的月牙山金矿点，月牙山西金矿点和另外三个铅矿点，两个铜铁矿点进行矿点检查，对区内的化探异常 Pb20、Cu39、Pb1、Pb77，方铅矿 9 等进行查证。

(4)对东三个井－卡休他他成矿预测区内的金及多金属矿点和 Cu34 化探异常展开调查。

(5)对西三个井－碱泉子金矿成矿预测区内的碱泉子外围的石英脉展开普查，同时查明山前砂金矿的来源，以期寻找原生金矿。

(6)对乌力吉金、多金属成矿预测区内的金重砂异常 Au－1，展开详细的调查，可利用

地化剖面，地表工程等方法。该重砂异常取样发现金异常点2处，含金4~8粒，为椭圆形，面积5km^2。经查证发现金矿点一处，产于花岗闪长岩蚀变破碎带中，见矿化带3条，蚀变破碎带含金，矿体长150m，宽几十公分。

(7)雅干金、多金属成矿预测区内的化探异常有十几处，应重点对Pb46、Cu39等几个异常开展查证和地化剖面测量工作。

(8)对庆格勒图地区我支队开展的1:5万水系沉积物测量圈定的三个异常展开查证工作。

HS1异常：呈哑铃形，面积6km^2，异常处于高背景区，此异常与地研队圈定的Au、As、Sn的岩石地球化学异常相吻合，异常区内有硅化、褐铁矿化石英脉产于片麻岩的挤压破碎带中，断裂构造发育，有进一步工作价值，建议用地化剖面控制。

HS2异常：呈椭圆形，面积2.3km^2，异常呈北西向展布，处于低背景区，与宁夏区调队圈定的Pb异常部分重合，该异常处于地层与岩体的接触带，构造发育，有进一步工作价值，建议进行异常查证。

HS3异常：呈近椭圆状，面积1.5km^2，近北西向展布，含4个异常点，最高值20.5×10^{-9}，异常与前人工作的分散流异常和磁异常部分吻合，可作进一步查证工作。

陕西省宁强县丁家林金矿床地质特征

董　刚
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　陕西宁强县丁家林金矿床主要产于古生界志留系黄坪组地层中段，主要为含菱镁矿斑晶的千枚岩，丁家林脆－韧性剪切带是其主要的控矿构造，在剪切带内大量发育劈理，褶皱，透镜体，石香肠，同时也发育膝褶，S－C组构，其金矿载体是石英脉，在本区主要有两种类型的石英脉，褶曲的和未褶曲的石英脉，而金矿主要产于未褶曲的石英脉之中，其金矿类型可能为动力成岩成矿。

关键词　陕西　黄坪组　脆－韧性剪切带　动力成岩成矿

1　区域地质概况

工作区位于扬子地台、秦岭及松潘－甘孜褶皱带的结合部，其中NE向的阳平关－勉县深大断裂为元古界地层（碧口群变质岩系）和古生界地层（志留系）的界线（研究表明，阳平关断裂具逆冲性质，碧口群有可能逆冲于新地层之上形成超覆），在断裂的北侧是元古界碧口群变质岩系，南侧为古生界的志留系地层；沿阳平关－勉县深大断裂带分布着一系列Cu、Au矿床及其他多金属矿床，已成为重要成矿带；丁家林金矿床产于阳平关断裂下盘、志留系地层中，受2条大断裂所夹。丁家林矿区V_1矿化带，距离阳平关断裂直线距离约5km。

2　丁家林金矿床成矿条件与控矿因素

2.1　含矿岩层－志留系黄坪组地层的中段

志留系黄坪组地层是低于绿片岩相变质作用形成的片状矿物及石英定向排列的一套浅变质岩系，原岩是以砂质、粉砂质、泥质等陆源碎屑为主的沉积岩系。据安乐河大剖面的实测，志留系黄坪组地层从上至下岩性主要分三段：①上段：无斑点的千枚岩，泥质含量极高，片理发育；②中段：含斑点的斑状千枚岩，片理不发育，褶曲较发育；③下段：砂质含量较高的无斑点的千枚岩，片理较发育。本区出露的志留系黄坪组地层主要是其上中段，丁家林金矿产于志留系黄坪组地层的中段。上段：无斑晶，泥质、粉砂质含量高，粒度较细，矿物成分主要是绢云母、石英，可能存在其它的片状矿物，如绿泥石等（手标本上尚难鉴定），颜色为青灰色，片状构造。砂质含量高时岩石硬度变大，片理化也变弱。目前定名

作者简介：董　刚，男，1976年生，助理工程师，从事地球化学研究。

可定为绢云母石英片岩或绢云千枚岩，片理化发育。

中段：以含铁质菱镁矿斑晶为特征，为斑状千枚岩或斑状绢云石英片岩。丁家林金矿的所有矿脉体，都产于该段岩石之中，因此对该段地层研究就显得十分重要。

该段地层主体岩性为细、中、粗、巨粗粒的斑状千枚岩，斑晶含量高，基质可能主要为绢云母、石英等，颜色主体为青灰色，当砂质、泥质含量很高时都变为土黄色；斑状变晶结构，变余结构；片状构造，千枚状构造，有时发育复杂的条带状构造。在斑状的千枚岩中发育几种夹层：①土黄色的薄板状千枚岩，厚 3～5m，无斑晶，泥质含量高，变质后主要矿物成分为绢云母及石英，千枚状、片状构造发育，有时能识别其中的变余层理，其显著的野外特征是片理发育呈薄板状，主要见于 TC40、TC44；② 土黄色的板状千枚岩，其颜色与薄板状千枚岩一致，为土黄色，无斑晶，含砂质条带，存在变余层理，常与土黄色薄板状千枚岩相伴产出。其显著的野外特征是成块状而不是薄板状，厚度 1 m。

根据物质成分，斑状千枚岩可分为三种：①土黄色薄板状斑状千枚岩，泥质含量高、土黄色、片理十分发育；②土黄色砂质条带千枚岩，砂质含量高呈条带出现，变余层理完好，土黄色，以上两种厚度很小，分布局限，见于 TC12、TC20、TC40、TC44；③青灰色斑状千枚岩，是最主要的岩石，也是最常见的。

2.2 黄坪组地层的变质－变形特征

2.2.1 构造作用分析

整体而言，黄坪组地层遭受的变质－变形作用是压－剪共同存在的变质－变形作用，无论是变质还是变形其强度都不大。挤压应变：主要表现为挤压褶曲和挤压片理化，同时发育了挤压应变条件下的褶劈等；剪切应变：黄坪组在剪切应力的作用下主要表现了顺层剪切和剪张裂。剪裂成组发育。挤压应变形成了挤压的褶皱、揉皱、挤压片理及褶劈；剪切应变主要形成顺层的剪切片理、剪裂及剪张裂。

2.2.2 黄坪组地层的变形变质特征

黄坪组地层的变质作用是低于绿片岩相的变质作用，可能的变质反应是：

泥质岩→绢云母＋石英＋水，

粉砂岩→绢云母＋石英＋水，

砂岩→石英＋绢云母＋水(以 SiO_2 的重结晶为主)，

灰岩→大理岩＋水

铁镁的内源碎屑岩→铁质菱镁矿＋石英＋水。

同时片状矿物及石英定向排列，压实成层，形成一整套浅变质岩系。与金矿关系尤为密切的是黄坪组地层中段。变形变质是主要的成岩成矿作用。

2.3 丁家林脆－韧性剪切带的基本特征

脆－韧性剪切带是一种过渡类型的剪切带，在剪切带内既有脆性变形，又有韧性变形，常发育在地壳浅层与深层的过渡区，可以发育分割性不连续面——断层面，也可以缺少不连续面。如果属于前者说明偏脆性，如果属于后者说明更偏韧性。丁家林脆－韧性剪切带属于后者，它没有发育分割性不连续面——断层面，但同时也不发育糜棱岩－超糜棱岩的强韧性变形带。它所具有的正是更偏韧性的脆－韧性剪切带的特征。

(1)丁家林脆－韧性剪切带发育在古生界的志留系地层(低于绿片岩相变质的浅变质岩系)中,形成时可能正好属于地壳浅层与深层的过渡区。

(2)丁家林脆－韧性剪切带发育了多条脆－韧性断层及相关的多组剪切裂隙,"脆－韧性断层"一般表现不是一个面,而是一个带,在带内发育劈理、褶皱、透镜体、石香肠等脆－韧性变形产物"。丁家林脆－韧性剪切带的脆－韧性断层中,大量发育劈理、褶皱、透镜体、石香肠等,同时发育大量的膝褶、S－C等韧性剪切变形的特有产物。

(3)发育大量雁列式脆－韧性剪切带。这种剪切带大多由斜列的张性破裂带组成,在应变上没有明显的边界。剪切带内的张裂隙受剪切运动派生的张应力控制,表现为岩石的脆性变形,但在剪切带的递进变形过程中,这些张性破裂可以边生长边旋转,最后形成"S"形的弯褶形态,这种旋转又属于韧性变形。因此它是一种典型的脆－韧性剪切变形。这些裂隙内常被纤维状的结晶物质或其它物质充填,形成雁列脉。同时,除张性破裂外还可以有剪切破裂形成的雁列脉,其区别是前者单脉体的尾端与剪切带的交角是约45°,而后者的交角只有10°～20°或大于60°。

(4)整个丁家林脆－韧性剪切带宽度可能在5km以上,其中发育的脆－韧性断层(实际上就是该脆－韧性剪切带中分布的强应变域)的宽度一般在30m左右,最宽时可达50～100 m;脆－韧性断层内存在的物质有2类:一类是强烈脆－韧性变形的黄坪组地层的中段,另一类是强烈脆－韧性变形的石英脉。

(5)整个丁家林脆－韧性剪切带剪切裂隙及其相关的剪张裂都比较发育是其显著特点,而且在变形晚期(脆性阶段)这种剪裂作用最强烈。这些剪裂宽度比较局限,具有一定的长度和连续性,可能较密集出现,但是单个剪裂的规模可能有限。

(6)容矿构造就是早期韧性～偏韧性阶段变形作用形成的S－C组构、劈理面、褶皱核部和晚期脆性阶段变形作用形成的剪裂及其二者的叠加。

3 丁家林金矿床石英脉主要特征

石英脉总体而言是以集中成带分布为主,走向北东40°～60°。有石英脉才有金矿化,石英脉是金矿化的最主要载体。

3.1 石英脉的产生和形成

在变形－变质过程中形成的石英脉,只是形成阶段有先有后,因此是同构造的,其SiO_2来源于变质的岩石本身。按形态石英脉可以简单地分为2类,褶曲的(钩状、δ状、蝌蚪状、褶叠加厚状、石香肠、串珠状、透镜状、M、S、Z型等)和未褶曲的(线状、透镜状、石香肠状、团块状等)。其中褶曲的石英脉一般形成时间较早,并产于特定的构造部位(脆－韧性剪切带中分布在强应变域－脆－韧性断层内),主要表现为早期韧性变形特征,在脆－韧性断层中大量存在,形态多样。未褶曲的有早期的也有晚期的。

未褶曲的石英脉比较复杂,不仅存在于脆－韧性断层内(强应变域),而且广泛分布于整个丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带中(弱应变域也广泛存在)。其产生和形成的时间可能覆盖了丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带活动的整个时间域,甚至远远大于该时间域。但是其中与金矿化关系密切的可能只是晚期脆性变形作用阶段形成的剪裂及其相关构造

中的石英脉。未褶曲的石英脉具体可进一步分为以下几种:①顺层分布的石英脉:广泛零星分布于志留系黄平组地层中,是较早的变质分异作用形成的石英脉;②产于核部虚脱部位的大石英脉:是褶皱构造基本形成时分异形成的石英脉,是较晚期形成的石英脉;③充填于褶劈中的石英脉:是褶皱构造基本形成时脆性破裂阶段形成的石英脉,与核部石英脉基本同时形成或稍后一些;④剪裂中的石英脉:切过片理,是剪切作用后期脆性阶段形成的,可能与褶劈同时,因此可能是较晚的;⑤剪张中的石英脉:是剪切过程中形成的张裂中充填的石英脉,因此与剪裂石英脉同时或稍后;⑥后期节理中的石英脉:切过层理、片理、劈理等,是最晚期的石英脉,是整个变形过程结束时的冷却脆性阶段形成的。

3.2 石英脉的变形作用

石英脉的变形作用主要是压-剪变形作用。由于石英脉是相对能干的岩石,而且是同构造分异的,因此其变形作用独具特色,并受其围岩的影响。①产于斑状岩石中的石英脉(产于能干层岩石中的石英脉):首先是石英脉与围岩一起发生褶曲、褶皱,同时由于其是同构造变质分异的,因此更易表现褶曲作用,发生强烈的揉皱、紧闭褶曲、褶叠加厚,形成揉皱、笔杆等。变形方式主要是褶曲,同时存在透镜化、石香肠化;②产于无斑晶岩石及强烈片理化岩石中的石英脉(产于能干性较差岩石中的石英脉):往往是石英脉本身被透镜化、石香肠化等,同时发生强烈的揉皱、紧闭褶曲、褶叠加厚,形成揉皱、笔杆等;③石英脉的细颈化、拉断、剪断、透镜化、石香肠化。

3.3 石英脉的分布

经过区域和探槽实测剖面,有一点已经得到肯定,石英脉密集分布的地带是与强烈的压-剪变形带同位的,构造样式多种多样(紧闭褶皱、褶叠加厚、笔杆构造等,透镜体、石香肠、团块、新月形、S型、Z型、M型褶曲等)。除强烈变形的石英脉外,还有一些变形很弱乃至未变形的石英脉,这些石英脉的分布有两种情况:①与强应变带同位分布剪裂石英单脉,是与强应变构造配套形成的较晚期产物,是成矿期石英脉;②与强应变带不同位分布的石英单脉,大部分零星分布,主要是早期变质分异而均匀分布于地层之中的石英脉。也许存在其它一些成因的石英脉,但尚未掌握。

3.4 石英脉与金矿化的关系

从丁家林金矿区来看,有矿化的地方有石英脉,但有石英脉的地方不都有矿化,这是规律,说明矿化只是与某一阶段的石英脉有关,而不是所有的石英脉,这一阶段的石英脉可能主要是剪裂期石英单脉。

4 丁家林金矿床及其成矿作用

4.1 矿床类型

丁家林金矿床是产于古生界志留系黄坪组地层中的受丁家林-太阳坪脆-韧性剪切带控制的变质金矿床。脆-韧性剪切变形是成矿的营力,可能为典型的动力成岩成矿。其特征的脆-韧性变形机制导致矿床的特殊性。①区域内无岩浆岩;②热液蚀变不发育;

③变形、变质特征显著。

根据矿床变形、变质的动力成岩成矿成因，丁家林金矿床是由早期韧性变形变质分异和晚期脆性变形剪裂的叠加而成（丁家林 V_1）。

丁家林－金矿床其含金地质体主要是含金黄铁矿化石英脉，属于石英复脉叠加型。

4.2 成矿阶段划分

内生成矿作用至少存在 2 期 4 个阶段（宏观判断）。

第一期：韧性剪切变形－构造分异热液期，至少存在 1 个阶段，即石英－黄铁矿阶段。

第二期：脆性剪切变形－构造分异热液期，至少存在 3 个阶段：①石英－黄铁矿阶段；②石英－黄铁矿－方铅矿多金属硫化物阶段；③石英－黄铁矿－碳酸盐阶段。其中第二期是主成矿期。而且与众不同的是，在石英－黄铁矿－碳酸盐阶段仍存在金的成矿作用。

总体而言，丁家林金矿床为第一期与第二期的叠加。

4.3 矿脉（体）的形态

丁家林矿区主要是 V_1 脉带，由 V_{1-1}、V_{1-2}、V_{1-3}、V_{1-4} 组成，北东走向（50°～60°），产状 300°～340°∠ 40°～60°。主要为复脉状，存在单脉状。其中丁家林的复脉状存在特殊性。脆－韧性剪切带内分布的强应变域脆－韧性断层中发育了不少小褶皱，其枢纽向约 260°方向倾伏，倾角 40°～70°。众所周知，褶皱的转折端附近可能存在自由空间，是理想的储矿场所。第二期（主成矿期）成矿作用叠加时，成矿热液除充填裂隙构造外，同时也沿褶皱的转折端附近分布。当矿化集中于褶皱的转折端时，矿体虽然仍表现 NE50°～60°的走向，但是更显著的特征是表现沿 260°方向的倾伏。丁家林 PD_5 的 V_1-1 矿体就是如此，因此在勘探中须注意。

由于主成矿期是第二期（脆性剪切变形－构造分异热液期），所以矿脉（体）的就位方式主要是充填式，矿脉（体）的形态主要受现成空间形态控制。

5 几点认识

（1）由于是剪切带控矿，故脉带在走向上的总延长应该短不了；

（2）丁家林－太阳坪金矿带往南跨过广坪河、向北至紫竹沟都有矿化乃至矿体存在，同时存在多条类似 V_1 脉带的脆－韧性断层。这些预示存在较大成矿前景。

参考文献

陈家义，杨永成，李荣社等，汉中－碧口地区的造山结构和构造，陕西地质，1997，15(1)：12－1。

李通国，司国强，盖艾鸿，西秦岭金矿类型及成矿区带划分，甘肃地质学报，2000，9(1)：51－5。

彭大明，秦岭贵金属查勘剖析，贵金属地质，1999，8(2)：92－103。

任文清，周鼎武，刘方杰，勉略宁三角地区构造演化与金属矿产成矿特征，西北地质科学，1999，20(2)。

汪军宜，张复新，勉略宁地区区域地质背景，矿床类型及其成矿特点，西北地质科学，1999，20(2)：68～74。

青海省格尔木市东大滩金锑矿床地质特征及外围找矿

刘 纲　慕 涛　肖 力　刘志杰　孙 岳
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　东大滩金锑矿床位于昆南断裂带北侧，产于三叠系下统下巴颜喀拉山群碎屑岩建造中，受北西向构造控制。矿区内出露有花岗质脉岩，顺层理无矿铁白云石－石英脉比较发育。矿体呈透镜状分布于北西走向的糜棱岩带内，存在石英脉、变砂岩、千枚岩和金锑共生等四种矿石类型，矿石含毒砂、辉锑矿和黄铁矿等金属矿物。成矿远景主要沿该矿带的北西－南东向控矿构造发展，向南东进入昆仑山主脊雪线附近，向北西进入西大滩山前　矿带北西、南东端延长段均被证实具有较大的成矿潜力，并取得探矿登记权。同时区内花岗质脉岩蚀变强烈且见含有明金，在西部西大滩也发现金含量达 16.57×10^{-6} 岩脉，表明区内可能存在脉岩型金矿化新类型。

关键词　青海省　格尔木　东大滩　金锑矿床特征　找矿

东大滩金锑矿床位于东经 94°10′～94°30′，北纬 35°35′～35°48′，在昆仑山主脊北坡，距格尔木市 130km。该矿是通过 1∶50 万区域化探扫面及异常查证所发现，后经青海省柴达木综合地质大队初步进行矿产普查工作证实锑矿具中型、金矿具小型规模。目前建有小型矿山，开采锑矿。2000 年起，武警黄金指挥部在该区开展外围找矿。

1　区域地质及地球化学异常

根据《青海省区域地质志》地层划分图，东大滩金锑矿床在区域上跨了两个地层区即柴达木地层区和巴颜喀拉山地层区，以巴颜喀拉山地层区为主。区域地层自老至新出露有元古界万保沟群碳酸盐组、三叠系碎屑岩组、三叠系下巴颜喀拉山群砂岩组和千枚岩组、侏罗系含煤系和第四系沉积。

岩浆岩仅分布燕山期侵入岩，有二长花岗岩岩基、花岗闪长岩和花岗斑岩岩株　区域上广泛分布一种铁白云石－石英脉，一般不含矿。区内断裂发育，分北西西、东西和北东向组，卫片上表现为明显的线性构造。较大的断裂有沿昆仑山主脊分布的北西向北巴颜喀拉断裂和沿东大滩－西大滩分布的东西向活动断裂（昆南断裂）。

东昆仑地区经 1∶50 万化探扫面，圈定出东大滩一带水系沉积物异常，编号为 $AS_{甲}^{115}$ 该异常受东西大滩活动性大断裂和昆南大断裂间的三叠系下统下巴颜喀拉山群控制。呈东西长条状展布，以 Sb、As、Au 为主，伴有 B，其中 Sb、As、Au 异常峰值。衬度很大，具有外、中、内浓度分带，异常套合程度高。该异常面积大强度高，Sb 元素指数列全区第一，Au 元素评序指数列二。

主要作者简介：刘 纲，男 1958 年生，博士，高级工程师，现主要从事矿床地质工作。

2 矿区地质概况

东大滩金锑矿区位于东大滩－西大滩活动性大断裂南侧，矿区内仅出露三叠系和第四系。矿区范围内岩浆岩不发育，构造活动较频繁，形迹较明显（图1）

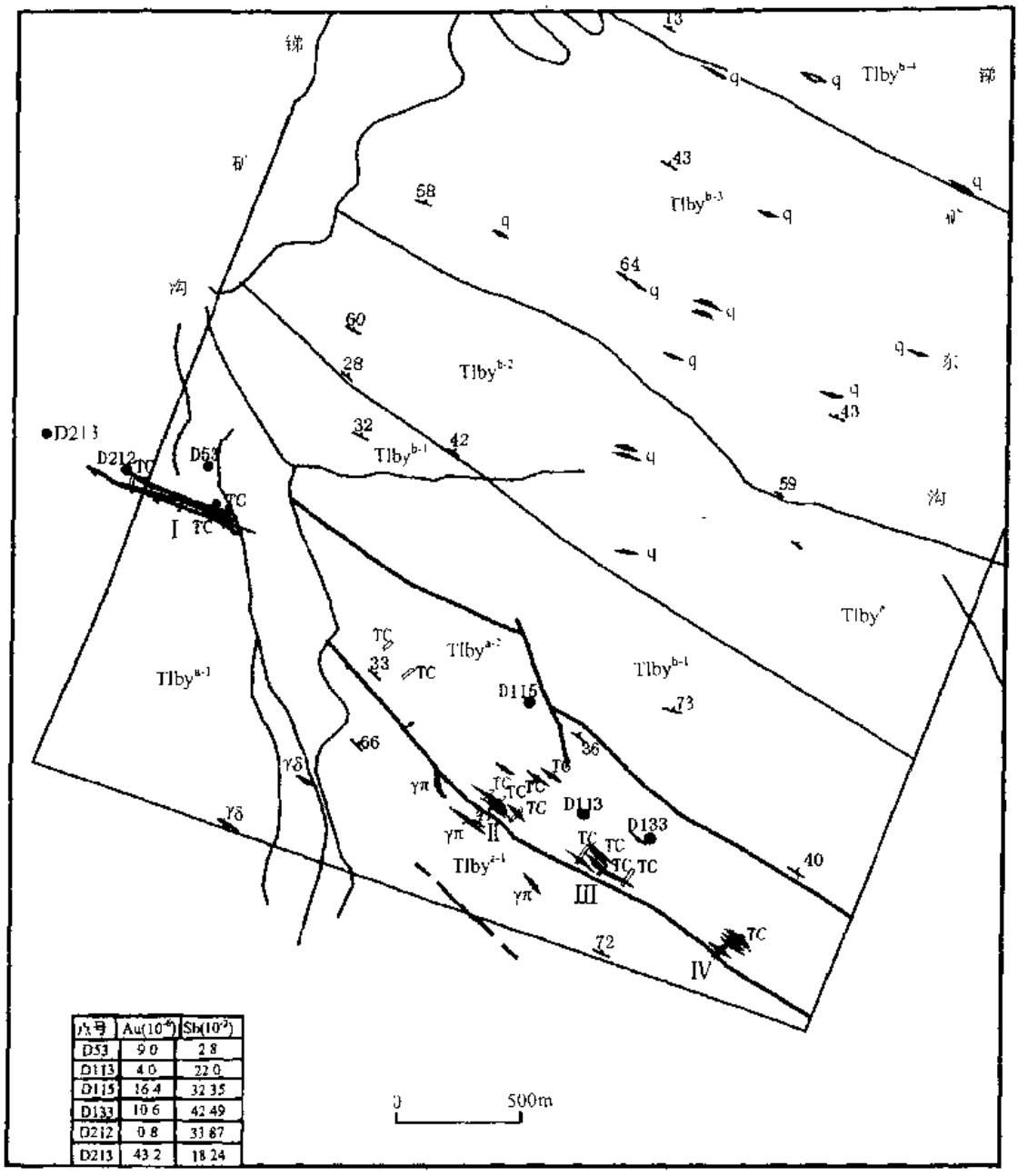


图1 东大滩金锑矿区地质简图

2.1 地层

矿区内出露地层三叠系为下统下巴颜喀拉山群砂岩组、板岩(千枚岩)组和第四系上更新统冰水堆积、全新统冲洪积、残坡积。下巴颜喀拉山群集中出露于山脊部位和沟谷两侧侵蚀阶地中,第四系集中分布于山麓和沟谷内。

三叠系下统下巴颜喀拉山群是矿区主要含矿地层,岩石特征可分为上、下两个岩组,即砂岩组和板岩(千枚岩)组。

砂岩组下部为一套灰绿色中-细粒长石石英变砂岩、变质粉砂岩、变质泥质粉砂,局部夹绢云母千板岩。走向南东-北西,倾向多数北倾,倾角60°~80°。岩层内石英脉较发育,一般顺层产出,厚度大于200m。

砂岩组上部岩性为灰绿色-浅黄褐色、粗-细粒长石石英变砂岩与深灰色绢云母千枚岩互层、夹绢云母片岩。千枚岩集中分布于砂岩之北,走向南东-北西。倾向20°~34°,倾角50°~78°,含有金锑矿体存在。该带中褐铁矿化普遍,石英脉发育,基本顺层产出,是全区主要的含矿层位。

板岩(千枚岩)组由下而上①由灰黑色千枚状板岩、板状千枚岩夹长石石英变砂岩组成,岩石具角岩化;②由灰黑色粉砂质板岩、细砂岩互层组成;③由灰色~浅褐色千枚状粉砂岩与千枚岩互层组成;④由一套灰褐色、灰绿色片理化长石石英砂岩、千枚岩、千枚状粉砂岩组成。岩层北倾,小褶皱发育。

2.2 构造

区内构造活动频繁、构造形迹明显,褶皱、断裂发育。褶皱构造形迹处处可见,使岩层普遍受到影响,但均属层间小揉皱和小折曲。

断裂构造除矿区北部东大滩-西大滩活动性大断裂之外,在矿区南部下巴颜喀拉山群砂岩组之间存在着具有一定规模的断裂,横贯矿区。构造迹象较为明显,可见挤压、破碎及断层泥等标志。金锑矿(化)带受构造带的控制,破碎带以外无矿(化)带存在。

矿区内主要断裂为F1断裂,金矿(化)主要受F1断裂控制,构造破碎带以外无矿化显示。F1断裂横贯全区,长度大于420m,宽约20m。碎裂岩化、千糜岩化明显,断层泥及断层角砾较发育。北西上呈负地形,是一条倾向36°,倾角56°左右的逆断层。断层南西盘为板状千枚岩夹长石石英变砂岩,向南倾。北东盘为绢云母片岩、向北倾斜。断层规模较大,

F2断裂(推测)是F1之派生断裂,位于F1断裂破碎带宽之北锑矿沟内,呈近南北向延伸,南段与F1相交,为倾向的逆断层。规模较小,断层局部切割岩层;F3断层(推测)位于锑矿西沟东坡,走向40°左右,为平移断层。其东盘地层相对向北运动,西盘相对向南位移。规模小,与成矿无关。

2.3 岩浆岩及变质作用

矿区范围内岩浆岩不发育,仅在矿带两侧及下巴颜喀拉山群中广泛可见规模甚小的

斜长花岗斑岩脉、石英斑岩脉、闪长玢岩脉和石英脉。石英脉脉基本顺层产出，出露宽度1cm至2m间。

斜长花岗斑岩脉分布于矿带北部外围，斑晶为斜长石、石英组成。斜长石多绢云母化，基质由它形粒状石英和斜长石、绢云母组成，斜长石70%。

闪长玢岩脉分布于矿带南部零星出露，脉宽2m左右。变余斑状结构，斑晶为半自形板柱状斜长石、角闪石。角闪石3%，斜长石1%。基质蚀变强烈，成分难辨。斑晶绿泥石和绢云母化，顺层产出，无矿化。

石英脉亦较发育，分布于岩层间，基本顺层，脉宽1cm至几百厘米。石英占95%以上，一般纯净，且较厚的石英脉无矿化。石英脉含铁白云石，实际上构成铁白云石－石英脉，黄铁矿化、褐铁矿化较强的石英细脉见金锑矿化。

区内三叠系下巴颜喀拉山群岩层普遍受轻微区域变质作用，使岩石结构，构造及矿物成分发生变化。局部地段有明显的热液变质作用，形成角岩，存在于含矿层位上覆地层中。

蚀变作用可见硅化、碳酸盐化、黄铁矿化、褐铁矿化、绢云母化和绿泥石化等后期蚀变作用。局部变质较深，形成片岩。与金锑矿(化)体有关的仅为褐铁矿化、黄铁矿化。在金锑矿化带内褐铁矿化和黄铁矿化发育，是较明显的找矿标志。

2.4 地球化学特征

1:5万水系沉积物测量圈定的AS3异常，是控制东大滩金锑矿带的主异常，该异常位于锑矿沟以东地段，形态为不规则的长条状，元素组合及异常套合均很好，异常浓集中心明显。Sb、Au异常具外、中、内浓度分带，强度高、规模大，伴生As、Zn、Bi、Sn均为低缓异常。但具一定规模，该异常南侧向南东方向因冰川覆盖而未封闭，其延伸趋势有可能沿昆仑山主脊与南坡Sb、Au高含量点相连。

柴综队(1993)对上述异常进行了1:1万土壤测量，分析了Au、Sb、As、Cu等4个元素。其中Au、Sb、As都明显表现为3条带状异常(图2)，大致呈北西向平行展布，带南北间距约为1～2km。异常强度以南异常带最高，向北依此减弱。南异常带与已控制的金锑矿带对应，中异常带和北异常带出露位置接近或处于山前盆地，基本上全为第四系

3 矿床特征

东大滩金锑矿区是一个金锑共生的中－低温热液型矿床，矿带呈南东－北西向延展，长约4km，宽20～400m。矿体赋存于三叠系下统下巴颜喀拉山群砂岩组深灰色绢云母片岩(或千枚岩)中，矿体大致沿118°方向延伸，控制东西长约670m，宽约20m。金锑矿体均赋存于构造破碎带内，破碎带以外无矿化显示，宽30～50m不等，东西(控制长约1km)均延伸至区外。

目前控制的矿带基本是在1:1万土壤地球化学测量南异常带上揭露开发出来，空间上与F1断裂及其糜棱岩带相一致。地表工程揭露圈定矿体21个，其中19个位于南带。

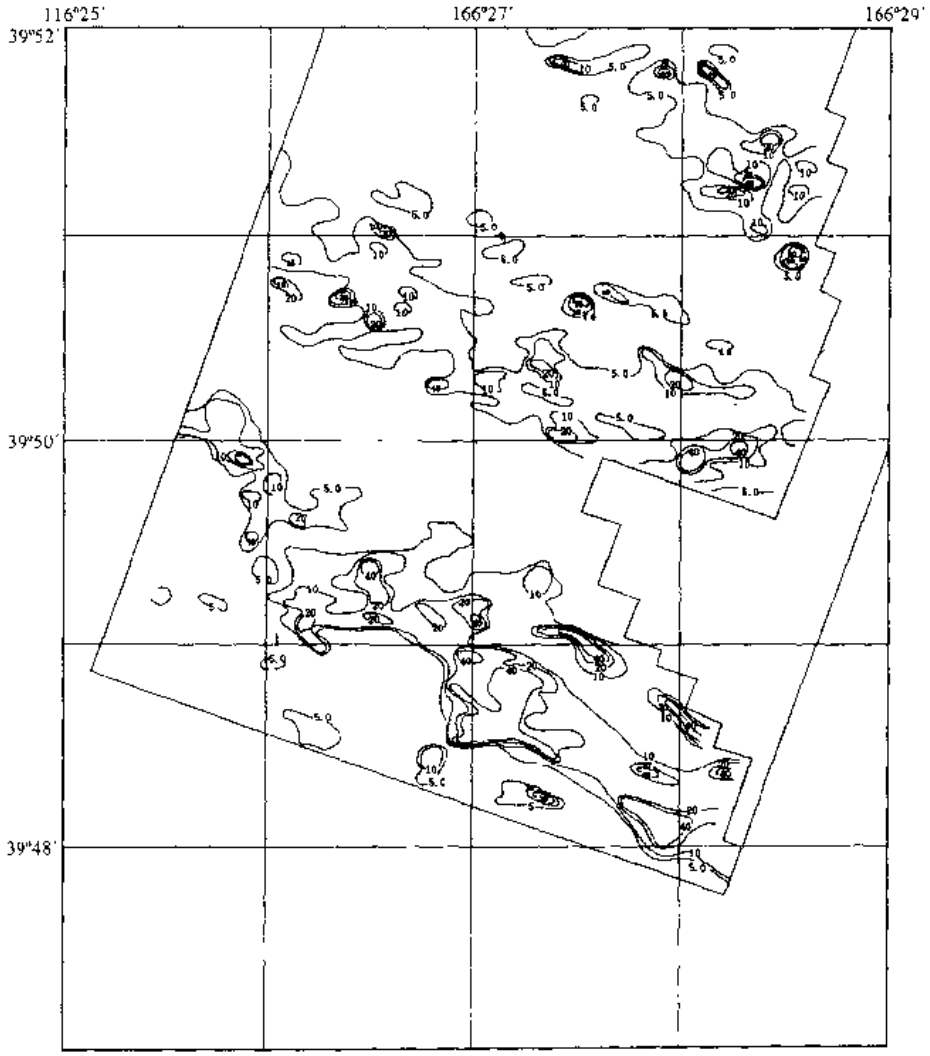


图 2　东大滩金锑矿区土壤地球化学异常图

南带的矿体受剥蚀程度及覆盖范围的限制，出露零星分散，层数多。矿带严格受断裂构造（破碎带）控制，按矿体出露集中部位的不同划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个矿群。除Ⅰ矿群外，其余矿群均分布在海拔 5000m 以上的山脊上。矿体倾向北，倾角 55°左右。

Ⅰ号矿群工作程度比较高，长约 700m，宽 2～4m，呈北西～南东向延伸。其有槽、钻工程控制，共圈出 I_1、I_2 和 I_3 号 3 个矿体，平行分布。

I_1 号矿体产于千枚岩中，为一金锑复合型的矿体，呈狭长的透镜状。矿体长约 178m，宽 1.14～4m，延深＞28m。矿化主要为蚀变千糜岩，其次为石英脉。金品位（1.6～2.4）$\times 10^{-6}$，锑品位（3.52～3.85）$\times 10^{-2}$。

I_2 号矿体产于蚀变褐铁矿化千枚岩为一独立的金矿体，呈小透镜状、细脉状。长 80m，宽 2.87～4.03m，推断延深约 46m。矿体倾向 10°，倾角 72°。矿石平均金品位 4.28 $\times 10^{-6}$，最高为 11.50$\times 10^{-6}$。

I_3 号矿体产于绢云母千枚岩中，为一金锑复合型的矿体，呈扁豆状、透镜状。矿体长 213.32m，宽 1.27～6.89m，推断延深约 50m。矿石平均金品位（1.20～9.17）$\times 10^{-6}$，

最高为 16.88×10^{-6}。锑品位平均 8.28×10^{-2}，最高为 10.77×10^{-2}。

4 围岩与夹石

矿体围岩主要为绢云母千枚岩、长石石英变砂岩。

千枚岩：褐灰－深灰黑色，鳞片变晶结构，片状、千枚状构造，片状矿物主要为绢云母占35%～45%，绿泥石占10%左右，呈定向连续分布形成片状构造，由于受构造挤压发生揉皱。粒状矿物为他形石英占40%～45%，长石、斜长石等少量，与片状矿物相间分布。

变砂岩：浅褐灰色，变余砂状结构、显微粒状鳞片变晶结构，块状构造（略具定向构造）。胶结物主要为细小鳞片绢云母和他形石英微粒。石英占35%～55%，长石占15%左右，绢云母小于20%。粒径0.1～0.25cm。

5 矿石类型

东大滩金锑矿矿石类型依据矿石矿物、脉石矿物组合及其含矿岩性特征、矿石结构构造、化学成分及金的赋存状态等特点，大致可分为四种类型：石英脉型金矿石、千枚岩型金矿石、变砂岩型金矿石和金锑共生矿石。

5.1 石英脉型矿石

石英脉型金矿石分布较少，主要产于I_1矿体。矿石矿物主要为毒砂、辉锑矿，占矿物总量的4%。脉石矿物主要为石英，总量达95%以上。

5.2 千枚岩型矿石

千枚岩型金矿石是矿区的重要类型，占全区金矿石的三分之二。矿石矿物主要为毒砂、黄铁矿，次为辉锑矿，呈浸染状分布在糜棱岩化的千枚岩中，总量2%左右。脉石矿物主要为石英、绢云母、碳酸盐矿物，总量达95%以上。

5.3 变砂岩型矿石

变砂岩型金矿石分布面积较小，主要集中在I_1矿化带底部。矿石矿物主要为毒砂、黄铁矿，次为辉锑矿、软锰矿。毒砂、黄铁矿多呈浸染状分布在变形砂岩中，总量2%左右。脉石矿物主要为石英、绢云母、碳酸盐矿物，总量大于95%。

5.4 金锑共生矿石

为重要的矿石类型，也是惟一的锑矿石，主要分布在I_1、I_2矿体内。矿石物主要为辉锑矿、毒砂，并相互镶嵌呈较紧密的块体。毒砂呈星点状分散于辉锑矿晶粒间，矿石矿

物辉锑矿总量为2%～35%不等。脉石矿物主要为绢云母、石英。

6 矿床成因

根据矿床的特点及控矿因素而看，矿床受构造糜棱岩带的控制明显，在空间上沿一定的层位呈长条状分布。矿石矿物成分较简单，围岩蚀变较弱，具有热液矿床的特点。在矿物组合上以低温金属矿物毒砂、辉锑矿为主要矿物。因此，矿床属低温热液型矿床。

决定矿体规模和矿石质量的重要因素是构造作用形成的构造糜棱岩带及裂隙，它们为含矿热液的流动和矿脉充填交代提供了通道和场所。因此，把矿床类型暂划归为糜棱岩带蚀变岩型金锑矿床。

成矿作用中热源来自本区西部的花岗斑岩体，热液可能为岩浆热液与地下水热液混合，成矿物质来源于下巴颜喀拉山群碎屑岩建造。成矿热液沿构造运移活动，在物理、化学条件发生变化时，引起成矿元素沉淀形成矿体。成矿作用是复杂多期的。

7 找矿标志

控矿因素主要为构造控矿，其次为岩层控矿。构造控矿主要表现在矿带南界以断裂破碎带为限，矿体均产于该断裂构造北盘，即上盘。断裂破碎带以南无矿化显示，破碎带宽20～50m不等，在此宽度以外基本无矿化。该断裂为含矿热液提供了通道和容矿空间。小裂隙、破碎带亦为导矿构造。因此，构造控制了矿体的形成和延续，矿体基本均产于绢云母、石英、绿泥石片岩或片状绢云母千枚岩及其底部片理化长石石英变砂岩中，其他岩层尚未发现矿体，在空间上显示出岩层控矿的特征。

找矿标志：

(1)在矿带延伸方向上，山脊处均有明显的负地形处。断层破碎带易剥蚀而造成。

(2)灰－深灰色片岩或片状千枚岩，褐铁矿化较强烈的长石石英变砂岩层位是矿体可能存在的部位。

(3)含黄铁矿蚀变灰－灰黑色断裂泥构造、破碎带是矿带延伸和存在矿体。

(4)辉锑矿转石是直接的找矿标志，追索其来源，寻找矿化体。

(5)利用地球物理与地球化学标志，在异常区寻找矿化体。

(6)蚀变花岗质脉岩。

8 找矿远景分析与结果

东大滩金锑矿床受构造糜棱岩带控制，矿赋存于糜棱岩带内，后期的F1断裂带是在糜棱岩带基础上发展进来的。F1断裂带及糜棱岩带呈北西－南东向展布，总体向北东倾斜，倾角55°～70°，呈上陡下缓趋势。矿化带长约8km，宽约50m，东延昆仑山主脊冰川脚下，西延至西大滩山前。

矿(化)带内已发现21条矿(化)体,矿体多呈透镜状、脉状、串珠状及似层状、囊状分布。仅对矿群三条矿体工程揭露,通过矿体储量计算金金属量D+E级141.13kg,锑D+E级511.92t。

东大滩金锑矿出露高,海拔4700~5100m,矿体规模小,厚度亦小,层数多。但矿带延伸长,分布面积大。跟化探异常圈定分布范围、规模一致,有与昆仑山南坡金异常带相连的趋势,蕴藏着较大的找矿前景和区域性成矿远景。山脊相间500~1000m,其深部可能存在较大的隐伏矿体。另外矿带的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ矿群均有采矿,其深部有一定的前景

金的分布范围大于锑,且矿体连续性相对好于锑。因此,随着今后工作的深入,预测矿床有望成为中型工业金矿床的可能。

矿带北西、南东端延长段均被证实具有较大的成矿潜力,并取得探矿登记权。同时区内花岗质脉岩蚀变强烈且见含有明金,在西部西大滩也发现金含量达16.57×10^{-6}的岩脉,表明区内可能存在脉岩型金矿化新类型。

参考文献

李明喜、张文泰等,青藏高原水系沉积物地球化学衰减模式与区域勘查对策,青海地质,第五卷,第一期,1996。

张文泰,青海省东昆仑1:50万区化扫面项目中的化探异常查证方法介绍,青海地质,第四卷,第二期,1995,p48。

川、陕、甘三角区金矿床、金矿成矿系统与金矿找矿

周遗军　董　刚
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

王明卫　刘发生　吕喜旺
（武警黄金第十四支队，陕西 西安，710100）

摘　要　文中概述了成矿系统的涵义；阐述了川、陕、甘三角区金矿床的类型、成因及地质、地球化学特征；将川、陕、甘三角区划分为4个金矿成矿系统：(1)西秦岭南亚带金矿成矿系统；(2)摩天岭褶皱带金矿成矿系统；(3)阳平关－勉县“志留纪盆”金矿成矿系统；(4)东北寨金矿成矿系统；在系统分析各成矿系统及其典型矿床特征的基础上，指出了该区的金矿找矿方向。

关键词　川、陕、甘三角区　秦岭　金矿　成矿系统

1　成矿系统概述

成矿系统是当今矿床学研究的一个重要课题，是矿床学向系统化、全球化方向发展的一种趋势。成矿系统（Metallogenic system，mineralizing system）是指在一定的时－空域中，控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程，以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体，是具有成矿功能的一个自然系统[1]。一个成矿系统的内部结构一般包括：①控矿因素（风化、沉积、构造、岩浆、变质、流体、生物、大气、地貌、热动力等作用因素）；②成矿要素（有矿源、流体、能量、空间、时间等）；③成矿作用过程：包括成矿发生、持续、终结以及成矿后的变化和保存等；④成矿产物：包括矿床系列和异常系列。成矿系统有5个基本要素：成矿物质；成矿流体；成矿能量；成矿流体的输运通道；矿石堆积场地。成矿系统具有非线性反馈的动力学机制和自组织能力、层次性和一定的时空范畴。在时间上一个成矿系统从产生、发展到消亡，一般需要$10^4 \sim 10^6$a；在空间上可占地几千甚至上万km^2，大体相当于成矿带的范围。

从构造－成岩－成矿的观点出发，根据成矿的构造动力学体制：①伸展（拉张）－裂谷、大型生长断层或同生断层、盆岭构造、变质核杂岩构造等；②收缩（挤压）－板块俯冲带含岛弧、陆缘岩浆弧、构造混杂岩带等，大型推覆构造，大型逆冲断层等；③走滑－转换断层、走滑断层系（含拉张盆地）等；④隆升－地幔柱上升、地壳热隆（点）、底辟构造系等；⑤沉降－沉积盆地、拗陷带等；⑥大型韧性剪切－结晶基底的韧性剪切带，有逆冲、正滑、走

主要作者简介：周遗军，男，1965年生，博士，高级工程师，主要从事矿床学及地球化学研究工作

滑之分;⑦大型陨石撞击-古陨石坑及相伴的侵入杂岩)划分为7个成矿系统:A-伸展构造成矿系统;B-挤压构造成矿系统;C-走滑构造成矿系统(大类);D-隆升构造成矿系统(大类);E-沉降构造成矿系统;F-大型韧性剪切成矿系统;G-陨击构造成矿系统。

大型-超大型矿床所在成矿系统的要素组合特点:①五要素齐全;②矿质、流体、能量三要素充足、稳定;③渠道畅通;④矿石堆积场地充分,圈闭好;⑤成矿系统的作用过程4个步骤持续稳定。即成矿系统本身具有优化结构,具有良好的自组织功能。对于环境的干扰或系统内部各要素间不协调而造成的成矿"故障"、"停顿",成矿系统本身具有非线性反馈的动力学机制(自组织、自调节的能力),能自发地针对存在的干扰做出必要的调整,以维持成矿作用的继续进行。

2 川、陕、甘三角区金矿床概述

2.1 成矿环境

川、陕、甘三角区在地理位置上大致是勉县-略阳-康县-武都(北部)与勉县-阳平关-青川-平武(东南部)围成的三角区(勉县是北东顶点)。大地构造位置处于扬子地台、秦岭及松潘-甘孜褶皱带的结合部。其北以勉县-略阳-康县-武都深大断裂为界与秦岭造山带相接,其南以阳平关-勉县深大断裂为界与扬子地台相连,构成一三角状楔形地块。具体主要包括了西秦岭的南亚带(北部)、松潘-甘孜褶皱带及摩天岭褶皱带(南部)三部分。其中仅摩天岭褶皱带是元古宇碧口群,且为一小的三角楔形块。晋宁、加里东、海西、印支直至燕山运动,使该区构造极其复杂又颇具特色,尤其是加里东运动、海西运动及印支运动。同时也对应产生了独具特色的成矿作用。研究表明,该区的构造作用主要是挤压-推覆-剪切作用。

2.2 川、陕、甘三角区金矿床

据不完全统计,区内已发现岩金矿床50余处,累计探明储量近400t,加上其盛产砂金,被称为"金三角"。近年甘肃大水、阳山,陕西金龙山、丁家林等新类型大型-超大型金矿床的陆续发现,显示了该区巨大的金矿找矿潜力。

根据金矿床的产出围岩环境,该区金矿床主要为5种类型中之4种:①产于侵入岩中的金矿床;②产于火山-次火山岩中的金矿床;③产于沉积岩中的金矿床;④产于构造岩中的金矿床。产于变质岩中的典型金矿床尚未发现。

(1)产于侵入岩中的金矿床:已发现的有煎茶岭、李家沟金矿床。其中煎茶岭金矿床产于超基性岩中,李家沟金矿床产于基性岩中。准确地说,是产于基性-超基性侵入岩中的金矿床。

略阳煎茶岭金矿床(大型):矿床产于何家岩背斜北翼。出露地层为碧口群雪花太平组上段白云岩、硅质白云岩、白云质灰岩夹碳质板岩,分布于矿区北部。出露岩体为超基性岩(927.4Ma、晋宁期),NWW向展布,长5km,宽350~1200m,位于矿区的南部;岩石全部蚀变,原岩为二辉橄榄岩、橄榄岩及纯橄榄岩。矿区断裂(主要为NWW走向,少量为NW)、褶皱(褶皱轴上要为NWW走向)构造发育,并侵入了大量的钠长斑岩脉及少量

的辉长岩脉(367.7～372.6Ma,加里东－海西期)。矿脉(体)产于岩体的内外接触带,NWW、NW走向。在矿区的南部外围侵入有花岗斑岩体(400Ma,加里东－海西期)。具体见图1。

矿脉(体)产状10°∠70°;呈似层状、透镜状;一般厚1～4m(0.3～7.7m),长n×10～n×10²m。以Ⅰ号矿体最典型(长740m、厚1～7m、延深350m以上);金属矿物主要是黄铁矿,局部含雄黄、雌黄、针镍矿、方硫镍矿、辉砷镍矿,非金属矿物主要是白云石、方解石、石英,局部含蛇纹石、滑石、绿泥石、菱镁矿、白钛矿等;压碎结构,细脉侵染状、网脉状、角砾状构造;成矿作用分表生期和内生期(主要为4个阶段)。

矿石$\delta^{34}S$平均为16.7‰,基本不具塔式效应,反映硫为多源;石英包裹体均一温度200～370℃,白云石包裹体均一温度187～275℃[4],成矿温度中低温;成矿压力450×10⁵Pa。

矿床成因:矿质主要来源于煎茶岭超基性岩体(镍矿化可以示踪),部分来源于岩浆热液;流体多源;金矿床是加里东－海西期(400Ma±[1])、印支期(200Ma±[3])、燕山期(144Ma±[4])多次构造作用叠加改造形成的。

勉县李家沟金矿床:矿床产于鸡公石向斜南翼,勉县－阳平关深大断裂北侧。出露地层为碧口群红岩沟组细碧岩、角斑岩、凝灰岩、千枚岩,雪花太平组厚层状白云岩,黎家营泥质凝灰质砾岩、千枚岩、泥钙质板岩夹碳质板岩及薄层灰岩。矿区内辉绿岩、辉长辉绿岩脉、株广泛发育(最大岩株宽数十米,长数百米),NEE向展布。矿区断裂构造(主要为NEE走向)发育。矿脉(体)产于岩(脉)体的内外接触带,受NEE、NE、NW向断裂控制。

矿脉主要为含金黄铁矿石英脉、含金黄铜黄铁矿方解石－石英脉,脉状、透镜状;一般厚1～20m,长10～100m;金属矿物主要是黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、磁黄铁矿、黄钾铁矾及少量毒砂,非金属矿物主要是石英,其次是方解石、白云石、铁白云石等;金矿物为自然金;主要有半自形－他形粒状不等粒结构、碎裂结构,细脉侵染状、网脉状、角砾状构造;成矿作用分表生期和内生期(主要为4个阶段)。成矿时代为加里东期(K－Ar年龄3.28×10⁸a)。

矿石$\delta^{34}S$为9.8‰～15.0‰,反映为多源;$\delta^{18}O$为10.46‰～21.51‰与该区地层$\delta^{18}O$(11.0‰～30.0‰)一致,说明水主要来自于围岩;石英包裹体均一温度185～289℃,成矿温度中低温;成矿压力250×10⁵Pa。

矿床成因:矿质可能主要来源于李家沟基性岩体(脉),也有来源于围岩的;流体主要为来源于围岩的,含大气降水;金矿床是多次构造作用叠加改造形成的。

煎茶岭金矿床产于摩天岭褶皱带(残岩片)之北沿,李家沟金矿床产于摩天岭褶皱带(残岩片)之南沿,都属碧口群残岩片之周边,同具挤压－剪切变形之特征;基性－超基性侵入岩仅为矿源岩(提供矿质);成矿流体多源;金矿床都是多次构造作用叠加改造形成的,但强度有别,煎茶岭金矿床明显强于李家沟金矿床,表明煎茶岭金矿床自组织能力强于李家沟金矿床。

(2)产于火山－次火山岩中的金矿床:已发现的金矿床有铧厂沟、东沟坝金矿床,产于摩天岭褶皱带(残岩片)之北沿,受勉县－略阳－康县－武都深大断裂控制。

铧厂沟金矿床:矿区位于摩天岭复背斜一翼,其南为碧口群火山岩系(石英角斑质凝灰岩、凝灰熔岩及凝灰岩),其北为下石炭统略阳组结晶灰岩,中部为中下泥盆统三河口组

(从下而上为凝灰质板岩、凝灰岩、凝灰质千枚岩,钙质千枚岩和凝灰质板岩)。断层构造线走向近EW,与地层走向一致。沿断裂海西期细碧岩脉广泛发育。金矿体主要赋存于中下泥盆统三河口组下段的凝灰质绢云千枚岩所夹的蚀变细碧岩中。

矿脉(体)就是矿化的蚀变细碧岩,呈脉状,总体产状为175°~210°∠50°~85°;矿脉长度65~230m,延深135~345m,厚度变化大(0.8~11.0m),最厚达17.95m。矿脉中常有含矿与不含矿的石英脉穿插。矿石的金属矿物主要是黄铁矿、方铅矿、斑铜矿,脉石矿物主要是石英、铁白云石、白云石、绿泥石、金红石等;金矿物为自然金;主要有自形-半自形粒状结构、填隙结构、变斑状结构,脉状、浸染状构造;成矿作用分表生期和内生期(主要为3个阶段)。

矿石$\delta^{34}S$为-2.74‰~4.55‰,平均1.18‰,正态分布,塔式效应明显,反映硫主要来源于岩浆热液;$\delta^{18}O$为6.96‰~9.63‰,δD为-64.16‰~-84.7‰,具岩浆水特征;成矿温度早阶段320~420℃(平均365℃)、中阶段320~240℃(平均265℃)、晚阶段240~205℃(平均222℃);成矿压力平均245×105Pa(晚阶段);成矿时间大致在200~300Ma。

矿床成因:成矿物质(矿质和热液)可能都主要来源于岩浆热液(矿质可能部分来源于细碧岩?),因金矿成矿与细碧岩具物质的同源性,且具幔源特征;流体主要为来源于岩浆热液。推断金矿床与细碧岩属同一构造-热事件的产物,金矿成矿作用是在细碧岩的岩浆期后的岩浆热液阶段进行的,时代为海西期。

东沟坝金(银)矿床:矿床产于铜厂复背斜北翼,矿区出露地层为碧口群红岩沟组中段酸性火山沉积岩,主要是中段酸性火山集块岩、角斑岩、石英角斑岩、凝灰岩、凝灰质千枚岩夹硅质岩、重晶石岩及碳酸盐岩扁豆体,产状15°~30°∠38°~42°。总体而言,矿区火山沉积岩分2个沉积韵律:下韵律为火山集块岩、含集块角斑岩、凝灰角斑岩、角砾凝灰岩、石英角斑岩、凝灰岩质千枚岩夹硅质岩、重晶石岩;上韵律为火山集块岩、凝灰岩、凝灰质板岩。金(银)多金属矿体在下韵律凝灰质千枚岩中,与硅质岩、重晶石岩等一起呈扁豆体状产出。

矿脉(体)主要为含金石英脉和蚀变岩,与火山沉积岩产状一致;金属矿物主要是黄铁矿、闪锌矿、方铅矿,其次是黄铜矿、含银黝铜矿、磁铁矿、钼铅矿及毒砂;非金属矿物主要是重晶石、石英、绢云母,其次是方解石、白云石、叶绿泥石、电气石等;金银矿物为自然金、自然银、银金矿、金银矿等,以银金矿最普遍;主要有细晶粒状结构、碎裂结构,细脉状、浸染状、角砾状构造。

矿石$\delta^{34}S$为0~13.6‰(平均为5.0‰),反映硫的来源较单一;石英包裹体均一温度193~284℃(平均229℃)[①],成矿温度中低温。

矿床成因:成矿物质(矿质和热液)可能主要来源于火山沉积岩,金矿成矿可能与火山作用有关,并经历了后期构造-热事件的改造,尤其是具挤压-剪切变形之特征的构造作用。

很显然,铧厂沟、东沟坝等产于火山-次火山岩中的金矿床,虽然都产于摩天岭褶皱带(残岩片)之北沿,属碧口群残岩片之周边,具挤压-剪切变形之特征,但具有一重要的

① 西北有色金属地质研究所,陕西勉略宁地区金矿类型、找矿预测和靶区优选,1991。

共同特点：成矿作用与火山岩本身有关，火山岩及其火山作用是金矿成矿的物源、能量提供者。

(3)产于沉积岩中的金矿床：虽然近年新发现的阳山、大水、拉尔玛大型－超大型金矿床皆产于古生代(D－P)乃至中生代沉积岩中，使金矿找矿有地层、岩性之分的"门户之见"传统思想黯然；但是经深入工作，发现这些金矿床除与围岩地层有关外，矿区侵位于地层中的闪长岩体(脉)与金矿成矿关系十分密切，大水、阳山大型－超大型金矿床尚不属典型的产于沉积岩中的金矿床。因此，本区并没有典型的产于沉积岩中的金矿床。真正典型的产于沉积岩中的金矿床应该是镇安的金龙山金矿床，对该区的金矿找矿具有重要的指导意义。

金龙山金矿床：大地构造位置处于秦岭褶皱系之南秦岭褶皱带，镇安－板岩镇断裂南侧，金岭复式向斜北翼的次级复背斜构造中。矿区出露地层为泥盆系南羊山组(D_3n)和早石炭系袁家沟组(C_1y)，南羊山组(D_3n)分布范围明显大于袁家沟组(C_1y)，金龙山金矿床就赋存在这两组地层中，其中南羊山组是最主要的赋矿岩系。矿区内几乎无岩浆活动踪迹，但遥感解译推断可能存在隐伏岩体。南羊山组(D_3n)：由西向东可划分出层位、时代相当的板岩(分布于驼羊沟－南沟口)、灰岩－粉砂岩－页岩(分布于扁头山、丘岭以东)、灰岩(分布于山阳县金盆挡－熊家山)3个岩相段，具同时异相特点。早石炭系袁家沟组(C_1y)：深灰色含燧石灰岩、砂质灰岩夹泥质岩和碎屑岩。

金龙山金矿床自西向东分布有鼓楼山矿段、丘岭矿段、腰俭矿段和金龙山矿段，已发现20余个矿(化)体，控制普查储量20余吨；矿体呈透镜状、似层状、扁豆状、不规则脉状，主要受断裂、裂隙及褶皱构造褶皱、控制；矿石主要是浸染状矿化、蚀变的细碎屑岩、灰岩等，矿石类型有金矿石、锑金矿石、锑矿石；金属矿物主要是黄铁矿、毒砂、砷黄铁矿、闪锌矿、砷黝铜矿、黄铜矿、辉锑矿、辰砂等；脉石矿物主要是石英、铁白云石、方解石、绢云母、重晶石、伊利石等；金银矿物以次显微金为主，偶见自然金、自然银；主要有自形－半自形微细粒状结构、增生环带结构、包含结构，微细浸染状构造、微细条带状构造、微细脉－浸染状构造、浸染－角砾状构造、角砾状构造、草莓状构造、细球菌状构造；成矿作用划分为3期(同生沉积成矿期、构造叠加－热液改造成矿期、表生氧化次生富集期)，其中构造叠加－热液改造成矿期又分4个成矿阶段(褶皱变形、劈理、膝褶、脆性变形成矿阶段)。

H、O、C同位素研究表明，成矿流体中的水主要来自于围岩与大气降水；S同位素研究表明，矿石硫为多源；成矿温度中低温，成矿年龄为232.7Ma(中晚三叠，印支期)。

矿床成因：矿质主要来源于围岩；成矿流体中的水主要来自于围岩与大气降水；成矿时代为印支期；成矿温度中低温；成矿能量主要来自于挤压、褶皱、剪切等构造作用，即成矿作用与印支期构造运动密切相关。如其深部存在隐伏岩体属实，那么该岩体至少能为成矿提供能源。

大水金矿床：大水金矿床是在甘肃省南部西倾山地区新发现的大型－超大型金矿床，控制地质储量超过50t，远景资源量达100t以上。

矿区位于白龙江逆冲推覆构造带西段之大水弧形构造，格尔托－忠曲背斜的南翼。区内构造运动表现为大规模陆内推覆，走滑剪切和地体不均衡隆拗。断裂构造主要有两组：①NWW至近EW向弧形断裂，为一系列高角度逆冲断层，规模大、产状陡，具多期活动特点，是主干构造，控制区内岩体、矿床产出；②与弧形断裂相垂直的近SN、NE－NEE

向断裂，规模小、具张性—张扭性特征，控制矿区岩脉、金矿体的产出与分布。

矿区地层主要是泥盆纪—中三叠世浅海台地相碳酸盐岩（含生物碎屑泥砂质灰岩、泥晶灰岩、生物碎屑灰岩等）。其中，中三叠统分布广泛（约占 39%）。侏罗系为一套河湖相杂色砾岩、砂砾岩、夹煤钙质砂岩、粉砂岩夹泥岩，分布于矿区南部。白垩系为紫红、砖红色灰质砾岩夹砂泥岩，属断陷盆地红色磨拉石建造，不整合覆于其他地层和岩浆岩体之上。金矿化主体产于三叠系灰岩、白云质灰岩中，部分产于二叠系灰岩及侏罗系砾岩中。

区内岩浆活动强烈，形成众多规模不一的中酸性小岩株或岩脉，在断陷盆地内则形成侏罗纪－白垩纪玄武－安山－流纹质火山岩。沿北西向区域性断裂构造带近等间距侵位于石炭系—三叠系灰岩中，出露有格尔括合、忠曲和忠格扎拉 3 个岩体。格尔括合岩体位于大水金矿北缘，面积约 1.76km^2，边缘相为黑云母闪长玢岩，中心相为花岗闪长斑岩，全岩 K－Ar 年龄 174.3～190.69Ma；金矿北侧的忠曲岩体，面积约 0.3km^2，岩性与格尔括合岩体边缘相近；忠格扎拉岩体位于大水金矿的西北角，面积约 4.5km^2，岩体中心相为石英闪长岩和二长斑岩，边缘相为辉石闪长岩。二长斑岩全岩 Rb－Sr 年龄 204.08Ma[9]。而且，围绕 3 个岩体分布有闪长玢岩、花岗闪长斑岩及细晶闪长岩大量中酸性岩脉，受 NWW、SN 和 NE 向断裂构造及其交叉部位控制。

大水金矿床自东向西分大水、贡北、格尔托、忠曲 4 个矿段，已圈定矿体 82 个。矿体形态复杂，呈透镜状、细脉和大脉状、长条状、枝叉状、不规则囊状等产于三叠系灰岩和白云质灰岩、侏罗系灰质砾岩及花岗闪长岩脉与灰岩接触带；矿体走向主要为 NWW－EW、近 SN 及 NE — NEE 向三组；矿脉（体）主要为矿化蚀变岩，产于碳酸盐岩中与围岩界线清楚，而产于脉岩中则与围岩为渐变关系。金属矿物以赤铁矿、自然金及褐铁矿为主，含极微量的黄铁矿、辰砂、雄黄、雌黄、辉锑矿、磁铁矿、白钨矿、菱锰矿等；非金属矿物主要为玉髓质石英、微晶～细晶石英、方解石，次之为白云石、绿泥石、绢云母、重晶石等。主要有交代残余结构、微晶细晶结构、变余斑状结构、胶状结构和鳞状结构，致密块状构造、纹层状和条带状构造、浸染状和细脉浸染状构造、细脉和网脉状构造、碎裂构造、角砾状构造、气孔（洞）构造、蜂巢状构造等。成矿作用分两期（热液期、表生氧化次生富集期），其中热液期分 5 个成矿阶段：①微晶石英－赤铁矿阶段；②微晶石英－赤铁矿－方解石阶段；③石英－方解石阶段；④粗晶方解石阶段；⑤条带状梳状方解石阶段）。成矿温度 140～200℃，成矿压力 500～1500 MPa，为近地表中低温成矿环境。成矿时代为燕山中晚期。

矿床成因：成矿物质（矿质和流体）皆为多源；成矿作用与燕山期陆内造山构造作用密切有关，燕山期的中酸性岩浆作用是最重要能源、物源；同时，大水金矿有如此规模，与其特殊的围岩环境密不可分；成矿流体中的水可能有大气降水；成矿时代为燕山中晚期；成矿温度中低温；成矿环境近地表。

阳山金矿床与大水金矿床产于相近的大地构造位置，论其规模、岩浆作用、成矿环境、矿床地质特征，它们都具有诸多相似之处，但阳山金矿床尚为“处女”矿，此处不多妄言。总体而言，从东到西，金龙山金矿床、阳山金矿床和大水金矿床、拉尔玛金矿床这 4 个金矿床都属大型－超大型金矿床，其大地构造位置基本都属（西）秦岭造山带的南亚带，构造运动具大规模陆内推覆、走滑剪切和地体不均衡隆拗等特点，成矿环境与成矿作用都具有相似性与可比性，尽管存在差别性，但研究其异同（统一性）意义重大且显而易见。故拙文抛砖。

(4)产于构造岩中的金矿床:据目前掌握的资料仅有丁家林金矿床(尚为"处女"矿,笔者为拓荒者)。该矿为四川省广元市及陕西省宁强县所辖。丁家林金矿床位于摩天岭褶皱带(碧口群变质岩之残片)与扬子地台结合带之狭窄"盆"中,产于阳平关－勉县深断裂的下盘、志留系地层中;阳平关－勉县深断裂是控矿断裂,容矿与成矿断裂是与之平行的丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带(S－C组构、劈理、褶皱核部、剪切片理、剪裂等)。矿区内出露地层为志留系黄坪组(低于绿片岩相变质,原岩是以砂质－粉砂质－泥质等陆源碎屑为主的沉积岩系,从上至下分三段)。丁家林金矿产于志留系黄坪组地层中段(以含铁质菱镁矿斑晶为特征,为斑状千枚岩或斑状绢云石英片岩)。三段地层在同一应力场的作用下,表现了不同的变形行为(同相异样),主要为挤压应变(主要表现为挤压褶曲、挤压片理化及褶劈)和剪切应变(主要表现为顺层剪切和剪张裂),形成了带状分布的褶皱、揉皱、褶劈、剪切片理、剪裂。

丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带:整个剪切带宽5km以上,走向40°～50°,产于志留系地层(低于绿片岩相变质的浅变质岩系)中,属于地壳浅层与深层的过度区;发育了多条脆－韧性断层(宽度一般在30m±)及相关的多组剪裂,其中有大量雁列式脆－韧性小剪切带(由斜列的张性破裂带组成);存在两期剪切变形,晚期脆性剪裂叠加在早期韧性－偏韧性剪切之上,早期韧性－偏韧性变形在丁家林更发育,晚期脆性变形在太阳坪更发育,金矿成矿作用与之对应,且同样存在叠加。

石英脉是脆－韧性剪切变形的主要产物,同时是金矿化的最主要载体,因此石英脉十分重要。石英脉集中成带分布为主(石英脉密集分布的地带与强烈的剪切变形带同位),总体走向北东40°～60°。石英脉是在变形－变质过程中形成的,是同构造的,其SiO_2来源于变质的岩石本身。按形态石英脉可以简单地分为2类,褶曲的(钩状、δ状、蝌蚪状、褶叠加厚状、石香肠状、串珠状、透镜状、M、S、Z型等)和未褶曲的(线状、透镜状、石香肠状、团块状等)。其中褶曲的石英脉一般形成时间较早并产于特定的构造部位(脆－韧性剪切带中分布的强应变域－脆－韧性断层内),主要表现的是早期韧性变形特征,在脆－韧性断层中大量存在,形态多样。未褶曲的有早期的也有晚期的,比较复杂,不仅存在于脆－韧性断层内(强应变域),而且广泛分布于整个丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带中(弱应变域也广泛存在),但是其中与金矿化关系密切的可能只是晚期脆性变形阶段形成的剪裂及其相关构造中的石英脉。由于石英脉是相对能干的岩石,而且是同构造分异的,因此其变形作用独具特色。①产于斑状岩石中的石英脉(产于能干层岩石中的石英脉)变形方式主要是褶曲,发生强烈的揉皱、紧闭褶曲、褶叠加厚,形成揉皱、笔杆等,同时存在透镜化、石香肠化;②产于无斑晶岩石及强烈片理化岩石中的石英脉(产于能干性较差岩石中的石英脉):变形方式主要是剪切,发生透镜化、细颈化、拉断、剪断、透镜化、石香肠化等,同时发生强烈的揉皱、紧闭褶曲、褶叠加厚,形成揉皱、笔杆等。

石英脉与金矿化的关系:从丁家林金矿区来看,有矿化的地方有石英脉,但有石英脉的地方不都有矿化,这是规律,说明矿化只是与某一阶段的石英脉有关,而不是所有的石英脉,这一阶段的石英脉可能主要是剪裂期石英单脉。

丁家林金矿床矿脉(体)主要是含金石英脉,可分两个矿段。太阳坪矿段:主要矿脉V_9、V_4,为较连续的单脉状,近东西走向,产状340°～350°∠50°～60°,存在复脉状;丁家林矿段:主要是V_1脉带(为复脉状,存在单脉),由V_{1-1}、V_{1-2}、V_{1-3}、V_{1-4}组成,北东走向

(50°～60°),产状 300°～340°∠ 40°～60°。

矿床成因:丁家林－太阳坪金矿床是产于古生界志留系黄坪组地层中的受丁家林－太阳坪脆－韧性剪切带控制的变质金矿床。脆－韧性剪切变形是成矿的营力,可能为典型的动力成岩成矿。其特征的脆－韧性变形机制导致了矿床的特殊性。①区域内无岩浆岩;②热液蚀变不发育;③变形、变质特征显著。内生成矿作用存在 2 期 4 个阶段,第一期:韧性剪切变形－构造分异热液期,其显著特征是基本上不存在大的脉状矿体(从某种意义上说可能只是矿化),而往往呈黄铁矿细脉(黄铁矿常呈细粉末状)、均匀混合的石英－黄铁矿细脉沿层理面和早期韧性变形作用形成的 S－C 组构、劈理面等分布,并与岩层一道发生褶曲;存在 1 个阶段,即石英－黄铁矿阶段。第二期:脆性剪切变形－构造分异热液期,其显著特征是存在大的石英单脉状矿体,充填于晚期脆性变形作用形成的剪裂中。存在 3 个阶段,①石英－黄铁矿阶段;②石英－黄铁矿－方铅矿多金属硫化物阶段;③石英－黄铁矿－碳酸盐阶段。其中第二期是主成矿期,而且两期成矿存在叠加。

3　川、陕、甘三角区金矿成矿系统

3.1　川、陕、甘三角区金矿成矿的区域背景

该三角区构造分区是十分清楚:"三角形"的中心为摩天岭褶皱带;"三角形"的北边属西秦岭的南亚带;东南边是摩天岭褶皱带与扬子地台所夹的狭窄盆地(沉积的是古生界 S 地层);西边为松潘－甘孜褶皱带。川、陕、甘三角区的内生金矿床要么产在三条"边"上,要么产在"三角形"的中心地带的周边。特殊的构造位置、特定的构造分区,注定了其独特的构造作用和成矿作用,即而形成了独特的成矿系统。

"三角形"的中心－摩天岭褶皱带:由北部鱼洞子地体和南部碧口地体拼结而成。碧口地体是中晚元古代增生地体(同位素年龄 700～1500Ma)[101]。鱼洞子地体是太古代－元古代统一克拉通裂解形成的古地块碎片(同位素年龄 2600Ma)。中晚元古代、古华北－扬子统一克拉通开始裂解,本区出现裂谷,并伴有基性火山喷发,形成碧口群下部;晚元古代秦岭裂谷南侧裂解碎片－鱼洞子地体向南漂移,与碧口增生地体发生碰撞,进入造山阶段,在拼结带上基性－超基性岩侵入,形成了地体周边的基性－超基性岩体(晋宁期);加里东运动,主要为抬升和褶皱作用,有继承性的岩浆活动;海西期、印支期构造作用强烈,并发育中酸性岩浆活动(花岗斑岩、闪长斑岩侵入);燕山期主要构造作用(挤压－推覆－剪切走滑等)。

"三角形"的北边属西秦岭的南亚带,事实证明,西秦岭地区金矿成矿与该区沉积岩关系密切。秦岭沉积岩带西与昆仑造山带相接,东至豫陕交接,北以商丹断裂为界,南接巴山弧形断裂带。早古生代扬子板块北缘的裂陷沿宁陕－白河以南至紫阳－红椿坝断裂之间,经过白龙江到达川西北地区,发育一套以硅质岩和泥岩为特征的黑色岩系沉积;晚古生代以泥盆纪沉积为主体,沉积盆地为断－坳陷盆地,沉积的是一套以碎屑岩和碳酸盐岩为主体,局部地区发育的复理石建造;印支期造山作用叠加改造了原有的古生界的沉积相带展布和古地理格局,其碰撞边界附近明显发育一系列紧闭线性褶皱,自北向南出现一系列剪切、推覆构造;中新生代碰撞应力间返发生强烈的岩浆活动和滑脱剥离。印支期的碰撞造山和中新生代应力间返、志留纪至泥盆纪热水喷流或热水活动,是含金质流体形成、

迁移、富集直至成矿的主要原因。

“三角形”的东南边：摩天岭褶皱带与扬子地台所夹的狭窄盆地，志留纪地层在其形成后的构造运动中，岩浆活动、变质作用都不是很强烈，仅由于两地体的挤压－推覆，平行阳平关－勉县深大断裂产生了一系列脆－韧性剪切带。

3.2 川、陕、甘三角区金矿成矿系统

经过川、陕、甘三角区金矿床研究和金矿成矿的区域背景分析，按照成矿系统的定义及相关要素，根据构造分区，该区可划分4个金矿成矿系统。①西秦岭南亚带金矿成矿系统；②摩天岭褶皱带金矿成矿系统；③阳平关－勉县“志留纪盆”金矿成矿系统；④东北寨金矿成矿系统(提出该金矿成矿系统，主要是因为该区位于“三角形”的西边，可能受松潘－甘孜褶皱带的控制，在构造上与前三个金矿成矿系统有显著差别，且有东北寨、桥桥上等大型金矿床产出(仅提一笔，不作分析)。具体见表1。

表1 川、陕、甘三角区金矿成矿系统

特征	西秦岭南亚带金矿成矿系统				摩天岭褶皱带金矿成矿系统		阳平关－勉县“志留纪盆”金矿成矿系统	东北寨金矿成矿系统
典型矿床	金龙山	阳山	大水	拉尔玛	铧厂沟东沟坝	煎茶岭李家沟	丁家林	东北寨桥桥上
含矿层位	D_3n-C_1y	D	P－T－J	ε_1t		Pt_{2-3}?	S	
地层岩性	板岩、灰岩、粉砂岩、页岩	板岩、灰岩、粉砂岩、页岩	P－T：生物碎屑灰岩；J：河湖相砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩，K：砾岩夹砂泥岩	碳质硅质岩、碳质板岩		细碧岩、角斑岩、凝灰岩、千枚岩，白云岩，灰岩	含铁质菱镁矿斑状千枚岩、板岩、片岩	
沉积作用	局限台盆、同时异相，热水作用	浅海台地相?	P－T：浅海台地相；J：河湖相；K：磨拉石建造	硅质岩建造		细碧角斑岩建造?	浅海台地相?	
岩体产状		岩脉	岩株、岩脉		岩脉、火山喷发	岩株、岩墙		?
岩体岩性		中酸性?	中酸性		中酸性、中基性	基性－超基性		
岩体时代		燕山期?	燕山期		元古宇、燕山?	晋宁期		
矿质来源	围岩	围岩、岩浆岩	围岩、岩浆岩	围岩	岩浆岩	岩浆岩	围岩	
流体来源	围岩与大气降水	围岩、岩浆热液、大气降水?	围岩、岩浆热液、大气降水	围岩与大气降水?	岩浆热液	围岩、岩浆热液、大气降水	围岩、大气降水?	
能量来源	构造作用及隐伏岩体?	岩浆活动及构造作用	岩浆活动及构造作用的叠加	构造作用	岩浆活动	岩浆活动	挤压－褶皱剪切构造作用	

续表

特　征	西秦岭南亚带金矿成矿系统				摩天岭褶皱带金矿成矿系统		阳平关－勉县"志留纪盆"金矿成矿系统	东北寨金矿成矿系统
成矿时代	印支期及燕山－喜山期?	燕山期?	燕山中晚期		铧厂沟海西期	煎茶岭：加里东－燕山；李家沟：加里东期	燕山期?	?
矿床成因	沉积改造	岩浆热液改造	岩浆热液改造		岩浆热液	岩浆热液?	动力成矿	
矿化类型	锑、金矿化	金矿化	金矿化	金、砷矿化	金、银矿化	镍、金矿化	金矿化	
矿石类型	以含金蚀变岩为主				以含金石英脉为主			
特征矿物	毒砂、辰砂		辰砂，雌雄黄	毒砂、辰砂				
备注	含矿层位O、S缺失？一般都含砷！				金矿成矿北部强，南部弱		动力成矿为主	

西秦岭南亚带金矿成矿系统：含金龙山、阳山、大水、拉尔玛等大型－超大型金矿床及双王、八瓜庙等大型金矿床，相当于西秦岭南亚带金矿成矿带。金矿成矿的共同特点是成矿动力来源于秦岭造山极其相关的挤压－推覆－剪切构造作用、沉积作用（含热水喷流或热水活动、同生断裂作用等）、岩浆作用（含岩浆热液作用）；成矿物质来自于围岩和（或）岩浆岩；加里东－海西－印支－燕山－喜山，都有成矿作用发生，成矿作用具有一定的层控性。各矿床之间存在的差别是构造作用的位置、方式、性质、强度、时代，沉积岩的成分、沉积相、沉积盆地、沉积时代，岩浆岩的成分、岩浆作用方式、强度、时代、期次等。

摩天岭褶皱带金矿成矿系统：相当于鱼洞子地体与碧口地体拼结地体的周边，含铧厂沟、东沟坝、煎茶岭、李家沟等金矿床（以大型为主，北带）及八海、玉泉坝、青木川等金矿床（基本为小型，南带）。金矿成矿的共同特点是成矿动力来源于秦岭造山及其相关的挤压－推覆－剪切构造作用、岩浆作用（含岩浆热液作用）；成矿物质来自于围岩和（或）岩浆岩；加里东－海西－印支－燕山－喜山，都有成矿作用发生，成矿作用不具层控性，而与构造、岩浆作用关系更密切。各矿床之间存在的差别是构造作用位置、方式、性质、强度、时代，岩浆岩的成分、岩浆作用方式、强度、时代、期次等。

阳平关－勉县"志留纪盆"金矿成矿系统：与该区志留纪地层的分布位置相当，含丁家林（典型的动力成岩成矿）、金洞沟（?）等金矿床。成矿动力主要来源于鱼洞子与碧口拼结地体向南的推覆（或扬子地台向北的漂移）及其相关的岩浆作用。

4　川、陕、甘三角区金矿找矿

秦岭构造十分复杂，川、陕、甘三角区的构造更为复杂，关键是该区处于扬子地台、秦岭褶皱带及松潘－甘孜褶皱带的结合部，中间还夹有一个陆块增生地体（摩天岭褶皱带）。但是该区的金矿成矿作用经金矿成矿系统划分后，显得清楚明了，也不是很复杂，而且使

得该区的金矿找矿方向也明朗起来。

(1)大型－超大型金矿床基本属于西秦岭南亚带金矿成矿系统;具有明显的层控性,而且从 t－O－S－D－C－P－T－J－K 几乎都有金矿产出(O、S 除外);尽管沉积作用(沉积环境、沉积相)及其含热水喷流或热水活动、同生断裂作用等在成矿中可能作用重要,但具岩浆热液改造成因的金矿床潜力更大;同时普遍含砷给选矿增加了难度。

(2)摩天岭褶皱带金矿成矿系统中,金矿成矿与秦岭褶皱带相邻的"北边"(勉县－略阳－康县)明显比与扬子地台相邻的"南边"(勉县－阳平关－青川)强,暗示秦岭褶皱带对金矿成矿的重要作用;同时岩浆作用"北边"也比"南边"强;"北边"是更有利的金矿成矿地带。

(3)摩天岭褶皱带与扬子地台所夹的窄盆,岩浆活动、变质作用都不是很强烈,仅由于两地体的挤压－推覆而发育平行阳平关－勉县深大断裂的脆－韧性剪切带,成矿作用单一,金矿成矿作用也受到局限,而在该"窄盆"的开口方向也许更有利。

(4)未作分析的东北寨金矿成矿系统位于"三角形"的西边,受松潘－甘孜褶皱带的控制,尚需进一步研究,不可忽视。

因此,川、陕、甘三角区的金矿找矿是否可以本着以下几个方向进行。①重点要注意西秦岭南亚带,除 t、D、C、P、T、J、K 外,在成矿中目前缺失的"家族"O、S 要引起重视。工作过程中,围绕岩体(脉)及相关构造是关键;②摩天岭褶皱带金矿成矿系统仍需重视"北边",其矿石类型以含金石英脉为主,易于选冶;③阳平关－勉县"志留纪盆"金矿成矿系统注意找寻构造岩型金矿床(动力成岩成矿),其矿石类型也以含金石英脉为主,易于选冶。而向摩天岭褶皱带与扬子地台所夹的窄盆的开口方向展开工作可能更有利。

参考文献

[1]翟裕生,论成矿系统,地学前缘,1999,6(1):13～26。

[2]周遗军,论金矿床的分类,黄金地质,1997。

[3]任义清,周鼎武,煎茶岭金、镍、铁矿床形成的构造岩浆作用,西北地质,1999,32(2),19～24。

[4]王瑞廷,赫英,王新,煎茶岭大型金矿床形成机理探讨,西北地质科学,2000,21(1):19～25。

[5]高航校,李家沟金矿床成矿物质来源研究,有色金属矿产与勘查,1999,8(2):86～91。

[6]薛花兰,陕西李家沟金矿地质特征及成矿地质作用,有色金属矿产与勘查,1999,8(1):29～34。

[7]白忠,陕西铧厂沟金矿床成因探讨,矿产与地质,1996,10(52):108～113。

[8]中国人民武装警察部队黄金指挥部,陕西金龙山微细浸染金矿地质,北京:地震出版社,1997,149～151。

[9]闫升好,王安建,高兰等,大水式金矿床地质特征及成因探讨,矿床地质,2000,19(2):126～135。

[10]王新,王瑞廷,赫英,煎茶岭与金川超大型镍矿中的伴生金及其比较分析,西北地质科学,2000,21(1):38～44。

甘肃省文县阳山金矿带成矿规律与找矿方向研究

齐金忠　赵小坡　陈　祥
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

范永香　刘　伟　高秋斌
（中国地质大学，湖北 武汉，430074）

李志宏　郭俊华　唐知见　孙　斌
（武警黄金第十二支队，四川 成都，627000）

摘　要　阳山金矿带位于川陕甘交界地带，文县弧形构造东段，为近年发现的一大型岩金矿床。该矿带目前已发现四个矿段，均赋存于泥盆系三河口群的浅变质砂岩、千枚岩中。对矿带进行的地质、地球化学及遥感地质学研究表明，该矿属浅成低温热液型金矿床，矿床除受构造控制外，岩浆岩、地层对矿床也有一定的控制作用。目前标高为矿体头部，矿体向深部潜力巨大，在矿区东部张家山及西部汤卜沟一带也有较好的找矿前景。

关键词　阳山金矿带　成矿规律　找矿方向　甘肃省文县

阳山金矿带地处甘肃省南部川陕甘交界地带。在大地构造位置上位于扬子板块以北、中朝板块以南、松藩－甘孜褶皱系东部的三角区内。该区原以采砂金为主，是我国千大黄金生产基地之一。80年代以来，区域内陆续发现了大水、坪定、拉尔玛、东北寨、联合村、新关等一系列岩金矿床，显示出较大的成矿潜力。

1　成矿地质背景

区内出露的地层有元古界碧口群，主要为一套浅变质碎屑岩、火山碎屑岩夹凝灰岩，泥盆系不整合于碧口群地层之上，主要为一套巨厚的海相碎屑岩－碳酸盐，石炭－二叠系主要为灰岩－白云岩－砂岩等。此外，还零星出露三叠系、侏罗系地层，以碎屑岩为主。其中泥盆系地层除了碳酸盐沉积以外，还夹有厚层硅质岩沉积和薄层碳质沉积，其特征与杜乐天(1996)[1]所描述的碳、硅、泥质沉积较为一致，可能为一套热水沉积，阳山金矿带主要赋存于泥盆系地层之中。

区内构造以文县弧形构造为主，它由一系列近于平行的断层构成，自北向南有松柏－黎坪层裂，安昌河－观音坝断裂、范家坝－临江、马家磨－魏家坝断裂。断裂一般向北倾，

主要作者简介：齐金忠，男1965年出生，黄金地质研究所高级工程师，中国地质大学构造地质博士研究生。

阳山金矿带即位于安昌河－观音坝断裂带中。从南向北还存在一系列的褶皱，断裂一般位于褶皱的翼部，断裂带一般由多条次级断裂构成。

区内仅出露少量小岩株和岩脉，其岩性主要为浅成的花岗岩类。多具斑状结构，块状构造。主要岩石类型有细粒黑云母斜长花岗斑岩，细粒黑云花岗斑岩，细粒白云母花岗斑岩，细粒黑云二长花岗斑岩以及霏细斑岩等。此外，在阳山矿区还发现有多条红色角砾岩带，产于泥盆系三河口组灰岩中，总体呈脉状，切地层产出，一般长 250m，宽 2～5 m，角砾大小不一，棱角明显，成分主要为灰岩，胶结物为红色，据镜下观察，其主要成分为粘土矿物和碳酸盐矿物，以上特点表明该角砾岩为次火山热液胶结成因。

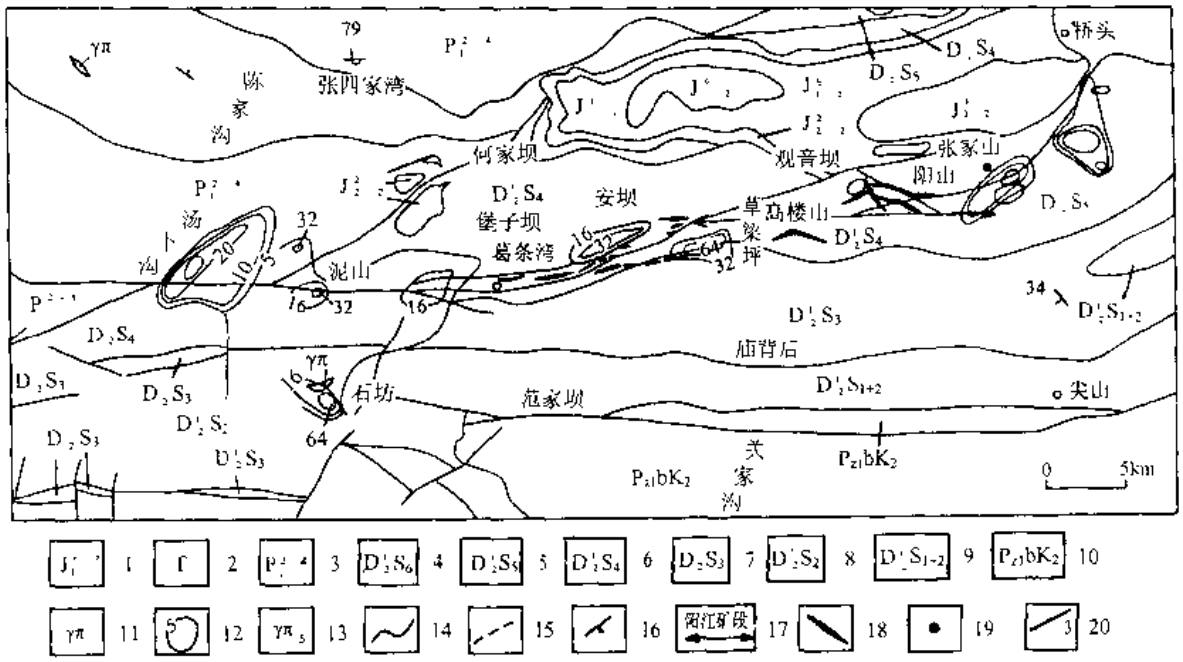


图 1　甘肃省文县阳山金矿带地质略图

1－侏罗系中下统砾岩、泥岩夹杂色页岩；2－二叠系；3－下二叠统板岩灰岩；4－中泥盆系三河口群砂质千枚岩；5－中泥盆系三河口群灰岩；6－中泥盆系三河口群千枚岩夹薄层灰岩；7－中泥盆系三河口群灰岩、砂质板岩；8－中泥盆系三河口群砂岩；9－中泥盆系三河口群砂岩、板岩；10－元古界碧口群灰岩、变质砂岩；11－黑云斜长花岗斑岩；12－金异常；13－花岗斑岩；14－实测地质界线；15推测地质界线；16－地层产状；17－矿段分界线；18－金矿化体；19－金矿点；20－勘探线及编号

2　矿床地质特征

2.1　矿体地质特征

阳山金矿带东起固镇，西至堡子坝，全长 12km，分为四个矿段，即阳山金矿段、高楼山矿段、安坝矿段和葛条湾矿段。其中阳山金矿段已发现 10 条矿脉，矿化类型以破碎蚀变灰岩为主，1999 年提交储量 8.5t；高楼山矿段目前已发现 2 条矿脉，矿化类型为褐铁矿化

千枚岩，品位为 $2.3\times10^{-6}\sim3.8\times10^{-6}$，为单工程控制；安坝矿段目前已发现 7 条矿脉，矿化类型为破碎蚀变千枚岩和斜长花岗斑岩，其中 5 号矿脉规模最大，长达 2km。最近的钻孔资料揭示其在深部厚达 20 余米，平均品位可达 10×10^{-6} 以上，葛条湾矿段目前主要发现 3 条矿脉，即 1#、2#、3# 矿脉，矿化类型也是破碎蚀变千枚岩和斜长花岗斑岩，其地表品位较高，达 10×10^{-6}。

2.2 矿石特征

矿石中金属矿物主要为黄铁矿和毒砂，并且毒砂含量略高于黄铁矿，其形成时间晚于黄铁矿，常包裹黄铁矿。除黄铁矿、毒砂之外，还有少量的褐铁矿、辉锑矿、方铅矿、针铁矿等。在葛条湾矿段还发现少量金矿物，呈他形粒状产于碳酸盐的微裂隙中，并常与草莓状黄铁矿共生。

电子探针分析结果表明（表 1），黄铁矿中 Au 含量为 0%～0.089%，平均为 0.045%，毒砂中为 0%～0.031%，平均为 0.010%，辉锑矿中为 0%～0.009%，平均为 0.003%，反映主要的载金矿物为黄铁矿和毒砂，而且，大部分金可能呈微细金形式存在。除 Au 以外，金属矿物中还含微量的 Ag、Hg。

表 1 阳山金矿金属矿物电子探针分析结果（单位：/%）

矿物	Hg	As	Sb	Au	Ag	Fe	Ga	Mg	Pb	Zn	S	总和
毒砂	0.000	40.252	0.029	0.000	0.000	37.050	0.000	0.000	0.000	0.113	20.000	97.444
	0.000	40.413	0.022	0.031	0.000	37.686	0.000	0.000	0.000	0.000	20.000	98.152
	0.070	40.111	0.125	0.000	0.000	37.843	0.000	0.000	0.000	0.000	20.000	98.149
辉锑矿	0.076	0.105	71.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.600	100.11
	0.016	0.184	71.538	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.600	100.369
	0.000	0.062	71.090	0.000	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	28.600	99.794
黄铁矿	0.000	0.189	0.000	0.047	0.041	48.552	0.000	0.000	0.000	0.000	53.500	102.329
	0.204	0.222	0.000	0.089	0.030	48.099	0.000	0.051	0.000	0.000	53.500	102.196
	0.149	0.173	0.000	0.000	0.046	46.141	0.000	0.000	0.000	0.000	53.500	100.01
辉锑矿	0.000	0.089	57.888	0.009	0.000	1.24	0.148	0.000	0.000	0.000	28.600	87.859
	0.011	0.062	68.128	0.006	0.035	0.781	0.000	0.000	0.000	0.000	28.600	97.624

据中国地质大学测试中心，2000

2.3 矿石化学成分特征

对阳山和葛条湾矿段矿石微量元素化学分析结果表明（表 2），矿石中 Au 的含量主要集中于 $0.5\times10^{-6}\sim3.3\times10^{-6}$，显示出矿石地表品位较低的特点。矿石中除 Au 以外，还含一定量的 Ag（$0.20\times10^{-6}\sim0.95\times10^{-6}$）、Cu（$5.0\times10^{-6}\sim32\times10^{-6}$）、Pb（$28\times10^{-6}\sim44\times10^{-6}$）、Zn（$36\times10^{-6}\sim120\times10^{-6}$），但不具有综合利用价值。值得提出的是，矿石中 As 含量较高，为了进一步确定矿石中 As 含量，又用萤光光谱进行了测试，结果表明，矿石中 As 的含量为 0.49%～1.25%，平均为 0.79%，这与镜下观察到的毒砂含量较高相一致。矿石中较高的 As 含量对选矿较为不利。

表 2　阳山金矿带矿石多元素化学分析结果($w(B)/10^{-6}$)

样号	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo
S160	3.27	0.20	5	31	70	156	14	0.33	0.20	4.5	0.8
H046	0.41	0.94	24	44	58	167	8.6	1.3	0.05	4.0	2.6
S139	0.76	0.57	32	31	109	182	0.25	0.33	0.04	6.6	1.7
PD4－2	0.99	0.30	12	28	63	240	22	0.23	0.10	3.5	1.1
PD4－5	0.21	0.29	19	29	73	153	7.6	0.89	0.36	15.6	1.6
A031	1.06	0.32	18	30	63	157	15	0.51	0.10	13.5	0.5
A032	0.49	0.72	22	31	49	223	10	3.9	0.04	8.6	1.9
HA－6	1.35	0.28	31	25	120	36	1.0	41	<0.01	13.1	2.3
HA－8	2.79	0.20	12	37	73	160	14	1.5	0.09	15.3	0.5

据武警黄金地质研究所化分室测试,2000。

2.4　围岩蚀变特征

矿床围岩蚀变主要为硅化、绢云母化、粘土矿化、黄铁矿化、碳酸盐化等,其中硅化较弱,而绢云母化及粘土矿化较强,所以矿体部位岩石一般较为松散,不利于开采。

2.5　成矿期次

阳山金矿成矿期次可分为热液期和表生期,热液期可分为四个成矿阶段,即:无矿石英阶段(Ⅰ);石英－黄铁矿阶估(Ⅱ);石英－黄铁矿－毒砂阶段(Ⅲ);石英－碳酸盐阶段(Ⅳ),其中Ⅱ Ⅲ阶段为主要矿化阶段。

3　流体包裹体地球化学特征

3.1　流体包裹体的一般特征

镜下观察表明,石英中流体包裹体均呈 V＋L 相,大小 3～25μm,充填度 0.2～0.6,以不规则状者居多,且含矿的脉石英中次生包裹体发育。

3.2　流体包裹体测温与成矿温压条件估算

显微测温结果表明,矿区内各矿段原生流体包裹体测温结果较为接近,为 159～240℃;产于碧口群的石英中脉流体包裹体均一温度在 180～225 ℃之间,与矿区的情况大体一致。这说明区域上的热液活动与矿区内局部的热液活动具有成因联系。次生包裹体见于矿区内葛条湾矿段的富矿地段。

据本区部分样品的实验结果,成矿流体特征可能较为接近 H_2O-CO_2-NaCl 体系,镜下虽未见 $H_2O+LCO_2+VCO_2$ 组成特点,但成分分析结果已显示高 Na 、高 CO_2 的特点。其矿物的 PTV 性质有待进一步工作确定。

3.3　成矿流体成分特征

流体包裹体成分分析结果列于表 3,从中可以看出,气相成分以 H_2O 和 CO_2 为主,存

在一定量的还原气体 CH_4 和 H_2。安坝、葛条湾、高楼山矿段还原气体 CH_4、H_2 含量接近，安坝 1 号脉的 H_2O 含量最高，达 $1\ 210.3\times10^{-6}$。各样品中液相成分存在差别，但阳离子含量从高到低顺序一致，依次为 Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+，其中高楼山和安坝的 Li^+ 含量相对较高。阴离子以富 Cl^- 贫 F^- 为特点，SO_4^{2-}、HCO_3^- 含量变化较大。实测成矿流体的 pH 值介于 6.7～7.1，属中偏碱性环境，与 REE 的分析结果大致吻合

表 3　流体包裹体成分分析结果一览表

矿物名称	位置	$w(B)/\times10^{-6}$														
		H_2O	CO_2	CO	CH_4	H_2	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Li^+	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3	pH
石英	高楼山	1100.0	322.51	0.50	0.20	0.20	10.10	16.29	8.44	7.12	3.750	0.20	24 50	140.0	28.2	6.9
方解石	安坝	581.23	592.64	1.05	0.50	0 08	1.33	4.72	110.46	3.42	0 010	0.30	7.80	15.0	211.2	7.1
石英	安坝	1210.3	402.75	0.55	7.01	0 21	7.15	11.63	4.51	1.12	3.110	1.00	17 10	11.0	71.0	6.8
石英	葛条湾	801.5	558.55	0.65	5.57	0.16	0.79	2.40	1 16	0 37	0.025	0.25	4.95	5 0	14 1	6.7

据宜昌矿产地质研究所测试，2000。

4　稀土元素地球化学特征

选取矿区具有代表性岩、矿石进行了 REE 分析，分析结果列于表 4，从中可以看出：

(1)金矿石和脉石英中稀土元素总量低，且相对富轻稀土。高楼山金矿石(GL3 号样品)，葛条湾和安坝的脉石英(葛 1、BT513 号样品)中 La/Yb 在 13.67～10.00 之间。前苏联学者彼德洛夫斯卡娅认为，深成金矿床石英中的 La/Yb 为 3.5，据此认为本区石英脉带或含矿体形成深度不大。

表 4　阳山金矿区稀土元素特征

样号	采样位置	岩性	ΣREE	$\frac{LREE}{HREE}$	LREE	HREE	δEu	La/Yb	$\frac{\Sigma(Sm-Ho)}{\Sigma(Er\ Lu)}$
ZK035－7	安坝	斜长花岗斑岩	83.5	17.13	73.15	4.27	0.41	34.21	4.80
YS4　1	阳山	蚀变花岗斑岩	85.02	6.52	59.23	9.09	0.46	0.14	2.59
YS4－2	阳山	千枚岩	101.81	8.41	75.89	9.02	0.58	14 55	3.66
ZK035　5	安坝	浅色千枚岩	202.27	17.96	174.36	9.71	0.83	47.60	3.84
GL3	高楼山	Au 矿石	35.87	5.52	21.65	3.92	0.32	13 67	3.49
葛 1	葛条湾	石英脉	16.08	4.57	9.05	1.98	0.08	10	3.17
BT513	安坝 5－1# 脉	石英脉	34.62	4.75	19.68	4.14	0.31	11.18	3.61

据宜昌矿产地质研究所测试，2000。

(2)安坝和阳山矿段脉岩的 ΣREE 较为接近，但 LREE/HREE、Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)、La/Yb 等值差别较大。这可能是由于成矿条件不同所致。

(3)葛条湾矿段石英脉的负铕异常明显，δEu 为 0.08～0.32，Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)为 3.17～3.61；安坝的 Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)为 3.61～4.80；阳山的 Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)为 2.59～3.66；葛条湾和安坝的 Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)相对较高。一般认为 Σ(Sm－Ho)/ Σ(Er－Lu)值愈大，则成矿介质碱度越高。安坝和葛条湾矿段的

REE 特点可能说明这两个矿段在金沉淀时成矿流体的 pH 值较高。

(4)各类岩石中稀土元素组成模式基本相似(图 2)。稀土元素含量吻合较好,具成矿流体连续演化的特点,反映成因上关系密切。

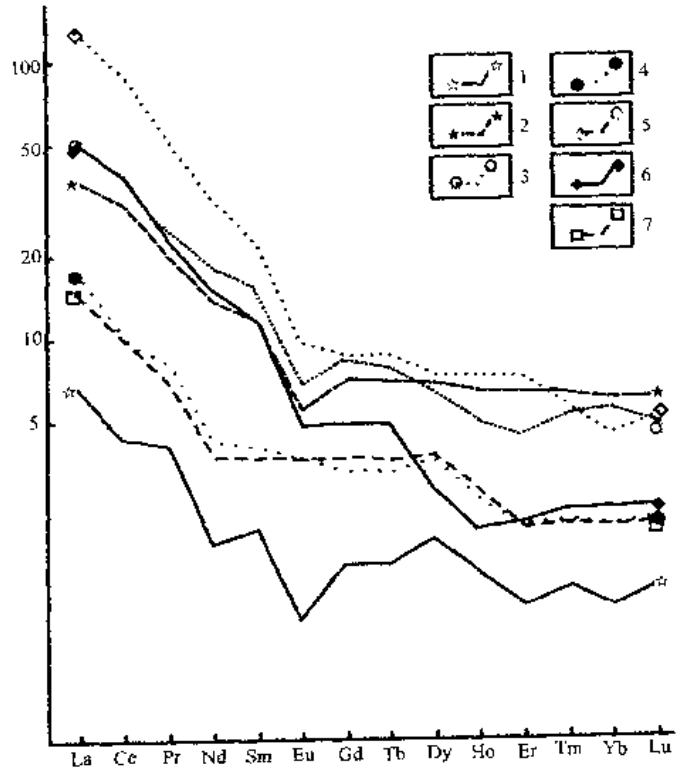


图 2 阳山金矿稀土配分模式

1－葛条湾石英脉;2－蚀变花岗斑岩;3－千枚岩;4 高楼山矿石;
5－浅色千枚岩;6－斜长花岗斑岩;7－安坝石英脉

5 矿区控矿规律及找矿前景

5.1 阳山金矿带控矿规律

(1)安昌河－观音坝断裂控制了阳山金矿带的空间展布,安昌河－观音坝断裂及东侧的分支上窑－王家山断裂均为文县弧形构造的组成部分,其总体走向为 NEE,与矿体的展布方向一致,矿带产于断裂带上,而矿脉则严格受破碎带中的强应变带和继承性活动叠加的次级断裂控制。断裂带内金矿化具有分段富集和近似等间距分布的特征,各矿带间的间距约为 2.7km。

(2)通过对葛条湾矿段的填图发现,在断裂带内发育一系列褶皱,次级断裂一般发育在背斜的翼部不同岩性界面附近,在一定范围内有顺层滑脱的特点,从而造成了断裂产状与地层产状大体一致,矿体产状与断裂产状一致的特征。即地层北倾,矿体则为北倾,地层南倾矿体也南倾的特征。

(3)花岗斑岩、斜长花岗斑岩脉、霏细斑岩脉与矿化关系较为密切,在矿带上岩株的长

轴方向及脉岩走向均为 NEE 向，与断裂带及矿体的产状基本一致，表明岩浆侵位受区域断裂控制。野外观察发现，岩脉在形成后发生过较为强烈的变形，在局部地段脉岩的片理化很强，甚至被挤压成透镜状。在空间上，矿体与脉岩的关系极为密切，受热液蚀变的花岗斑岩、斜长花岗斑岩脉、霏细斑岩脉均可成为单独的矿体，如葛条湾 2、3 号脉，安坝 5 号脉等。

(4)矿体在一定程度上受岩性的控制，从区域上来看，金的成矿无明显的层控性。国外其他地区金矿床也不具层控性(R. W. Boyle, 1979)[2]。但是这并不意味着所有的金矿床的产出与围岩无关，实际上，围岩的物理性质对断裂的发育有一定影响，而围岩的化学性质对金的沉淀也有影响，所以在一定程度上矿体的产出受围岩性质的影响，在低温热液矿床中这种影响可能更大，如黑龙江砂宝斯金矿(齐金忠，2000)[3]。在本矿带，矿体主要产于泥盆系三河口群地层的浅变质砂、泥质岩石中，也表明砂泥质岩石易于破碎、易受热液蚀变的特点。

(5)通过遥感解译，发现矿体受环型构造控制的特点较为明显，在阳山一带这种现象表现得更为突出，在安坝、葛条湾也有同样的特点。在阳山一带的环型构造与观音坝花岗岩株相伴，反映了环型构造可能与岩浆活动有关。

5.2 找矿前景分析

在矿区内，矿石矿物组合为辉锑矿、毒砂、黄铁矿；微量元素组分中 As、Sb 含量高；流体包裹体具浅成低温包体特征；蚀变矿物组合以绢云母化、粘土矿化为主；这些都显示目前标高为矿体头部特征，矿体向深部潜力巨大。

在矿区外围，张家山、汤卜沟一带都有较好的成矿前景，主要依据有：①这些区段与阳山矿区位于同一条构造破碎带中；②这些区段具有很好的水系沉积物异常特征，如张家山－固镇一带异常峰值高达 750×10^{-9}，且异常面积较大；③这些区段具有与安坝、葛条湾矿区相似的遥感影像特征，且均处于线环型构造交汇部位；④野外观察这些区段破碎蚀变强烈，且岩浆岩发育，在张家山一带有花岗斑岩岩株出露，在汤卜沟一带见有次火山角砾岩。所以这些地段均具有良好的找矿前景。

参考文献

[1] 朴东天，地壳流体与地幔流体间的关系，地学前缘，1996，3(4)：172～180。

[2] R. W. Boyle. The geochemistry of gold and its deposits. Geological survey bulletin. 1979, 280.

[3] 齐金忠，李莉，郭晓东，大兴安岭北部砂宝斯蚀变砂岩型金矿床地质特征，矿床地质，2000，19(2)：116～125。

内蒙古乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带金矿成矿规律和区域成矿模式

刘　纲　武玉海　刘志杰

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　内蒙古乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带是我国西部一个重要的金矿成矿区。区内金矿主要产在隆起范围内的太古宇乌拉山群深变质岩中，明显受断裂构造控制。与金矿有关的岩浆岩主要是碱性岩类，构成了一个碱性侵入体　碱性次火山岩－碱性伟晶岩脉群－碱质金矿系列。金矿化具有多期性，区域成矿模式概括为两源多期绿岩带－构造－碱性岩体（脉）三位一体成矿模式。

关键词　内蒙古　乌拉山－大青山地区　金矿成矿规律　区域成矿模式

乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带从大地构造位置上看，处于华北地台北缘西段。地貌上呈狭长山脉，走向近东西转北东。长330km，宽10～60km，两侧分别为山前和山后两条大断裂所夹持。以南为河套平原，以北为中元古代盖层组成的内蒙高原。

1　金矿分布及成矿时代

到目前为止，乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带已发现大型金矿床1处，中小型矿床3处，矿化点20多处。大多数金矿分布在隆起带的边部，并主要集中在两个地带，一是山前包头以西梅力更沟－哈达门沟地区，二是山后固阳－下湿壕－武川－察右中旗一线，均受周缘大断裂控制。隆起西部所发现的岩金矿床比较大，仅乌拉山金矿13号脉探明储量就达22t，预获50t。而东部岩金矿床规模较小，矿点较多，伴生银矿化。探明储量小于10t。东西两地含金建造有所差别，西部地区的金矿均产在太古宇乌拉山群绿岩建造内，而东部地区部分金矿则产在下元古界二道洼群绿岩建造。此外，隆起东部砂金矿床比较发育，最大的金盆砂金矿床，储量达15t（陈纪明，1992）。该矿分布在新生代断陷盆地边缘，矿体由更新世含金砂砾岩层构成。

乌拉山－大青山花岗岩－绿岩隆起带主要经历了三个演化阶段：早元古代以前的火山－沉积变质阶段，中元古代－晚古生代的稳定阶段，早古生代末海西期－中生代印支、燕山期的活化阶段。根据各金矿床（点）的野外地质穿插关系、控矿构造特征及蚀变矿物的K－Ar年龄值，区内金矿化时间均发生在海西期之后花岗绿岩带的活化阶段。

与华北地台其它几个金矿化集中区（胶东、冀东、张家口、赤峰、朝阳、夹皮沟、小秦岭）不同的是，本区金矿形成时间并不都集中于中生代燕山期。例如东伙房金矿蚀变绢云母的K－Ar年龄值为239.98Ma，与成矿密切相关的正长斑岩锆石U－Pb法同位素测定年龄为237Ma，二者近于一致。因此认为东伙房金矿系海西期形成。乌拉山金矿13号脉的

主要作者简介：刘　纲，男，1958年生，博士，高级工程师，主要从事矿床学研究工作。

蚀变钾长石和绢云母等年龄研究结果为 139.08～247.65Ma，平均 207Ma，成矿时间偏向印支期。后石花金矿绢云母 K－Ar 年龄值为 80Ma 左右，时间较新，形成于燕山期。由此看来，本区的成矿时间延续较长，具有明显的多期特点，可能是晚古生代海西期的西伯利亚板块与中生代印支、燕山期太平洋板块联合作用的结果。

2 金矿化与乌拉山群含金绿岩建造的关系

与华北地台其它几个金矿化集中区相似，本区的多数金矿床(点)产在乌拉山群太古宇绿岩建造中，表明金矿与太古宇绿岩之间存在着密切的联系。究其原因，我们认为乌拉山群是有利的矿源层，区内金矿是在这个基础上演化出来，二者具有继承性关系。

本次研究在土默特左旗以北地段对乌拉山群变质岩含金性进行了系统分析(表 1)为了避免矿化的影响，样品均采自离矿区较远没有蚀变的地段。从结果中可以看出山和原沟组上部的角闪质变质岩和水涧沟组岩石平均含量较高，为$(4.53～6.14)\times10^{-9}$，高于克拉克值(3.5×10^{-9})。而石英岩、大理岩及石榴黑云斜片麻岩为主的岩组含金量比较低，接近克拉克值。变质程度不同的岩石含金量有差别。如山和原组下部麻粒岩相岩石 9 个样品含金量平均仅为2.5×10^{-9}，小于克拉克值。因此在变质过程中，金由高变质相向低变质相转移，这与 Sagger(1982)对巴伯顿地区变质岩研究结果一致。

表 1 乌拉山群变质岩含金量平均值($\times10^{-9}$)

岩组		样品数	Au 平均值	变质程度
山和原沟组	下部层	9	2.55	高级变质
	上部层	33	6.14	高中级变质
水涧沟组		6	4.53	高中级变质
美贷沟组		7	4.00	中级变质
白石头沟组		3	3.00	中级变质

哈达门沟地区乌拉山群岩石的金含量的研究表明，除个别样品外，均高于克拉克值，其中黑云二长片麻岩金含量高达$(10～20)\times10^{-9}$。

武警黄金第十一支队(1993)对哈达门沟金矿区乌拉山群各类变质岩石及岩浆岩含金量研究后认为，磁铁石英岩和斜长角闪岩的含金量最高，富集系数分别达到 3.5 和 2.8 其次为变粒岩、麻粒岩、片麻岩和大理岩，富集系数各为 2.1、1.4、1.3 和 0.9。反映乌拉群金含量普遍较高。

内蒙古地研队(1993)在大青山东伙房金矿区对乌拉山群 8 个样品含金性进行了分析，含金量较高，为$(10.8～23.9)\times10^{-9}$，平均14.2×10^{-9}。内蒙地质一队对东伙房矿区 33 个乌拉山群各类岩石的含金量的分析，结果也比较高，为$(3.8～32.4)\times10^{-9}$，其中石榴斜长片麻岩为10.85×10^{-9}，黑云斜长片麻岩为32.4×10^{-9}，各种岩石平均含金量为12.14×10^{-9}，约为地壳丰度值的 3 倍。

综上所述，不同研究单位、不同研究者对同一地点或不同地点的乌拉山群含金性测试的结论是一致的，即乌拉山群原岩为中基性－中酸性火山岩的角闪质岩石或麻粒岩具有

很高的金背景值，它可能是金矿的重要物质来源，从宏观上控制着区内金矿的成矿作用。

后期混合岩化作用对早期绿岩带中金起到不同程度的分散作用，各类混合岩含金量随着混合岩化的加强，含量降低，因此混合岩化作用不利于成矿。

除了 Au 元素之外，矿床中与其有关的 W、Mo、Pb 等元素在乌拉山群也有较高的含量。据 300 多个样品研究，哈达门金矿区内 W 平均含量为 $(0.67\sim17.04)\times10^{-6}$，Mo 为 $(1.17\sim4.49)\times10^{-6}$，Pb 为 $(18\sim70)\times10^{-6}$，均高于克拉克值。乌拉山金矿的钾化蚀变强烈，钾含量很高，这与乌拉山群普遍发生钾质混合岩化产生的高钾背景密切相关。这也证明乌拉山群绿岩带是本区最为有利的矿源层

乌拉山群的岩性对成矿也起控制作用，一般暗色偏基性变质岩有利于热液交代，形成蚀变型矿化，产于其中的矿体品位较高，厚度大。相反浅色偏酸性岩石不利于热液交代，其中的矿化不好。例如乌拉山金矿 13 号脉东段产在斜长角闪岩、黑云角闪斜长片麻岩中，矿化相当好，形成了几处富矿柱。而西段产在石榴黑云斜长片麻岩中，矿化明显减弱。乌拉山群变质岩的不同岩性接触界面、片麻理发育部位，都是构造薄弱面，有利于控矿构造的发育，是良好的金沉淀场所。

3 构造与金矿的关系

乌拉山－大青山隆起区金矿与各级构造的关系，比较密切。往往区域性一级断裂构造控制了金矿田(带)的分布，区域性断裂派生的次级构造控制着金矿床(脉)的产出，更次一级断裂构造或断面变异处控制着金矿体的产出，形成了一个构造控矿系列。

区内典型的区域性断裂控矿实例有两个，一是沿隆起南缘分布的山前包头－呼市大断裂控制着乌拉山金矿田的分布，沿该断裂分布有上百余条含金脉体及相关的伟晶岩脉，长达 20km。该矿田又是本区规模最大，前景最好的金矿。第二个是隆起北缘的固阳－武川大断裂控制着下湿壕、卜五号、后石花、松树背、东伙房等十几个矿床(点)，是本区的北部的金矿带，或称为金矿集中亚区(图 1)延长 40 多 km

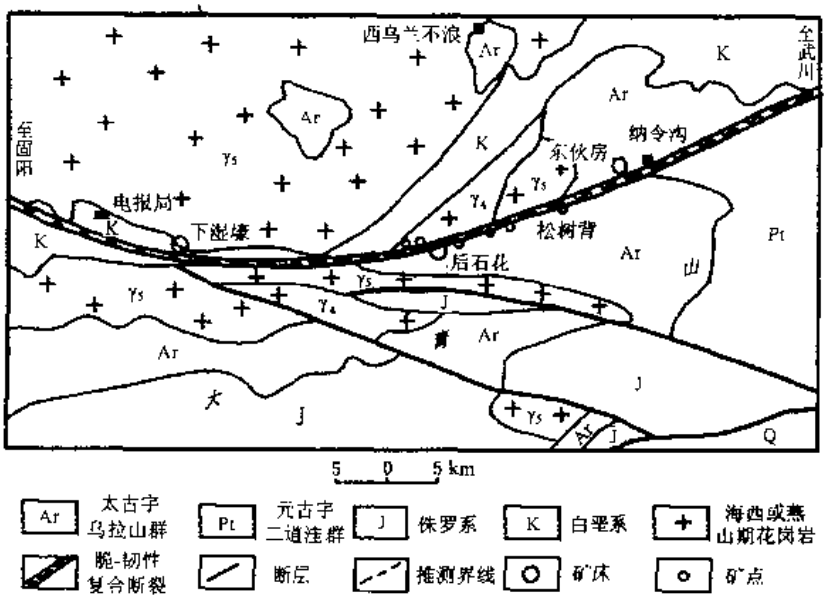


图 1 下湿壕－纳令沟韧脆性复合断裂与金矿分布

本区区域性控矿断裂一般为韧脆性复合型剪切断裂带，是在太古宙古老韧性剪切带基础上发育起来的具有剪切性质的断裂带，走向变化比较大，呈锯齿形，具有不同的构造岩组合，经历了韧性剪切变形、韧脆性剪切变形变质和脆性变形个活动阶段。

区域性大断裂经历了长期和多次的构造活动，影响面广，切割深度大，是一种良好的导岩导矿构造，而大断裂带内或附近发育的次级断裂则是较好的容矿空间。金矿脉往往直接产在区域性大断裂的次级派生断裂构造中，这种次级断裂构造直接控制了金矿床(脉)的产出。该类断裂一般具有如下特征：

(1)产于区域性脆韧性复合型断裂绿岩带一侧或内部，与区域断裂有一定夹角。如乌拉山金矿田，山前断裂走向北东东向－北东向，容矿断裂则主要为近东西向；东伙房南侧酒馆大断裂走向为北东向，容矿断裂则以近东西向为主；后石花金矿南侧1km处大断裂为近东西向，而容矿断裂则以北东向为主。容矿断裂是区域性断裂的派生构造，二者可以配套。

(2)具有压剪性构造特征。通过伴生石英脉，石英脉壁的擦痕、阶痕等标志，判定主要容矿断裂均为具有一定侧伏性的逆断或者平移断裂，多为左旋运动。

(3)断裂面沿走向和倾向变化较大，总体是一个大型曲面，在平面或剖面上呈舒缓波状，因此同一容矿断裂中局部构造环境是有相当大变化的。

(4)矿化类型明显受到容矿断裂的局部构造环境影响，张性部位形成石英脉型矿化，而挤压部位则形成蚀变岩型矿化，二者在空间上可互为过渡。对于压剪性断裂，倾角缓处为张，易形成石英脉，而陡处为压，易形成蚀变岩型矿化。

(5)具有典型的碎裂岩构造系。构造岩具碎裂结构。碎斑大小不一，大至肉眼可见的角砾，小至几个毫米，一般呈棱角状，残余原岩结构。基质遭受到含矿流体的交代作用，形成各种围岩蚀变和金矿化，产生蚀变矿化碎裂岩。

(6)有的容矿断裂产在片理化带中，是在韧性构造基础上发展起来的，继承了原构造的一些特征。有些则沿片理发育，或者不同岩性的界面发育。

矿化类型、矿体形态、富矿柱则受到容矿断裂次一级构造或本身的局部变化控制。前面已谈到矿化类型与断面产状之间的关系。富矿体则受两条断裂的交汇处控制，或者受同一断裂不同构造环境(张和压)交接部位控制，例如乌拉山金矿田13号脉在1150～1050m水平断面缓陡交界地段形成了一个近于平卧的矿体。

另外矿体的侧伏也和构造性质有关，逆断裂往往形成平卧矿体，而平移断裂则易形成柱状矿体，以斜冲为主的断层则形成侧伏矿体。

4 岩浆岩与金矿的关系

区内岩浆岩分布广泛，金矿化与岩浆岩具有密切的关系。一般金矿区或矿田范围内部有岩浆活动。例如乌拉山金矿田，碱性或偏碱性伟晶岩脉极为发育，矿田西侧出露有大桦背岩体。东伙房金矿则出露有正长斑岩，它属于碱性次火山岩。松树背金矿范围内有松树背岩体。后石花金矿尽管地表无岩体存在，但区内脉岩比较发育，且矿脉中出现大量的辉钼矿，还存在一种钾长石脉，反映深部可能有隐伏岩体。

和金矿有关的岩体一般为高侵位的浅成到超浅成岩，呈岩株产出，并呈单向侧伏，岩

体倾伏端之外接触带，同源脉岩十分发育，金矿赋存于岩体倾伏的一侧，这是本区金矿分布的一个普遍规律。岩体具有明显的多相带特点，由岩体中央到边部，岩体粒度逐渐变细，由似斑状结构渐变为斑状结构，基质由显晶质渐变为隐晶质，斑晶由长石变为石英。岩体往往是多期次侵入的复合体。

与金矿有关的脉岩在本区主要为伟晶岩脉，形态不规则，不连续，粒度粗大，分带不明显。深部可能存在隐伏的同源岩。成矿岩体(脉)的时代可为海西、印支或燕山期，前二个时期的岩体在本区为重要的成金岩体。

成矿岩体(脉)往往是花岗岩类，其钾长石及化学成分 K_2O+Na_2O 含量较高，反映岩体偏碱性。副矿物具有较多的磁铁矿、赤铁矿，反映岩体(脉)氧逸度较高。例如乌拉山伟晶岩脉 Na_2O+K_2O 摩尔数大于1，其中磁铁矿、赤铁矿颗粒大，含量高，且具有一定的分带性，西部为含磁铁矿伟晶岩，东部为含赤铁矿伟晶岩脉，相应的西部矿化好。伟晶岩脉本身高挥发份的，有利于成矿。

和金矿有关的岩体(脉)，往往具有较高的 Au 含量，东伙房金矿正长斑岩体4个样品的金含量平均达 48.5×10^{-9}，是携金岩体。乌拉山碱性伟晶岩的金含量为 12.6×10^{-9}，高于克拉克值。

与金矿有关的岩体(脉)，还具有 W、Mo、As、Sb 等成矿元素的高背景异常特征。本区金矿 W、Mo 两种元素含量较高，W 含量为几至几百 $\times10^{-6}$，Mo 含量为几至几千 $\times10^{-6}$，后石花金矿出现辉钼矿。据 W、Mo 这两种元素的地球化学行为判断，本区金矿与岩浆岩的关系也是密切的。

值得注意的是本区出现与金矿有关的碱性岩体(脉)，如乌拉山的碱性伟晶岩脉群，东伙房的碱性次火山正长斑岩。研究区以东同一纬度带的冀北地区东坪金矿则是产在侵入的二长岩、正长岩杂岩体内，属和碱性岩体关系密切的金矿。三个金矿在成矿特点上有极大的相似性，均具有钾长石化蚀变岩型矿化，赤铁矿含量高，Tc/Au 比值大，构成了一个碱性岩侵入体－碱性次火山岩－碱性岩脉群－碱质金矿系列。这一点与华北地台北缘东段的冀东、辽西、辽东金矿集中区不同，后者金矿主要与正常的中酸性小岩体有关，一般以黄铁绢英岩型矿化为特点，不含或少含铁的氧化物，反映成矿流体偏酸性，氧逸度低。二者的成岩成矿背景不同，大致以太行山断裂为界，以西的构造环境受西伯利亚板块影响较大，以东则受太平洋板块的影响大。二者的成岩成矿时间也不同，西部与碱性岩有关的金矿形成时间早，一般为海西期或近于印支期，而东部与正常中酸性小岩体有关的金矿一般形成时间晚，以燕山期为主，这种差别可能反映了华北地台北缘东西两段大地构造背景上的差异。金矿与碱性岩类有关是本区岩浆成矿的一个重要特征。碱性岩体(脉)本身也是一很好的找矿标志。但是这一套岩石的起源可能需要进一步研究。

5 矿化规律

除了摩天岭属细脉浸染型金矿床外，区内大多数金矿为脉型矿床，矿脉直接产在脆性断裂内。矿化类型往往即具有石英脉矿化，又具有蚀变型矿化，二者在空间上是互为过渡的关系。矿脉实际上是一种复合型矿脉，其中有的矿床以含金石英脉为主(后石花)，有的则以蚀变岩型为主(乌拉山)，矿石矿物成分总的看比较复杂，除了一般的黄铁矿、方铅矿、

闪锌矿、石英和自然金外，还存在辉铋矿、赤铁矿、磁铁矿、硫酸盐和钾长石、铁白云岩、方解石、菱铁矿、碲化物等。金一般以自然金形式存在，成色有高有低。一般形成深度大、温度高的西部金矿成色比较高，东部则相对较低，主要是含银量增大。

相对应的矿石化学成分(表2)。往往K、W、Mo、CO_2含量较高，其中W、Mo含量分别为乌拉山W:(16～200)×10^{-6}，Mo:(10～30)×10^{-6}；东伙房W:(57.5～91.7)×10^{-6}，Mo:(2.6～5.9)×10^{-6}；后石花为W:(0.5～3.1)×10^{-6}，Mo:(16.8～168)×10^{-6}；十八倾壕为W:(2.5～10.4)×10^{-6}，Mo:(26.7～108)×10^{-6}；摩天岭为W:(15.8～48)×10^{-6}，Mo(2.0×10)$^{-6}$。各矿床的As、Sb、Ag三种元素含量相差较大，隆起西部的乌拉山和后石花含量很少，而东部的东伙房、摩天岭金矿含量较高，As、Ag含量最高可达100 n ×10^{-6}，Sb达 n ×10^{-6}。东伙房金矿的Cu、Zn含量较高，分别为0.84%和0.12%，个别金矿Bi含量也较高，达到377×10^{-6}。

成矿具有多阶段特点，一般可分为石英－黄铁矿、多金属硫化物－石英、石英－碳酸盐三个阶段。

表2　乌拉山－大青山地区金矿矿石化学成分

矿床名称		东伙房		后石花			十八倾壕			摩天岭	
样品编号		DG111	DG112	CD4	CD12	CD16	SQB12	SQB3	SQB6	H－16	H－17
分析元素	Sb	3.6	2.7	<0.20	0.45	0.38	<0.20	<0.20	<0.20	18	8.8
	Bi	25	58	5.7	377	53	1.8	0.27	0.29	0.44	0.51
	Cu	84273	72524	104	8041	2965	90	153	15	40	15
	Pb	80	76	161	840	187	40	114	36	37	38
	Zn	1169	1258	72	77	41	87	108	150	32	27
	Co	12	25	32	7	10	123	81	179	20	14
	Sr	17	58	2313	41	904	223	679	112	135	34
	Ba	94	105	552	60	528	297	1940	1573	715	1704
	Ag	112	292	1.58	146	23.8	10.8	3.26	1.52	0.33	0.80
	*S	22.59	20.11	3.77	10.11	3.73	7.98	2.19	2.49	0.17	<0.01
	Au	57.5	91.7	1.10	607	103	64.2	15.7	2.12	18.1	1.75
	×SiO_2	40.67	36.88	57.85	76.93	87.94	30.31	38.62	40.73	61.46	63.48
	W	13.4	32.8	3.1	0.5	<0.5	4.2	10.4	2.5	48.0	15.6
	Mo	5.9	2.6	168	16.8	115	26.7	108	62.5	2.0	2.0
	×CO_2	1.58	3.29	6.21	0.54	1.05	7.24	2.69	1.10	0.14	2.58
	*Na_2O	0.19	0.39	5.78	0.18	0.07	0.24	0.66	0.26	0.43	0.84
	*K_2O	6.42	1.65	187	0.33	0.27	5.23	7.11	8.29	3.85	7.77

注：带×者为w(B)/10^{-2}，其它为w(B)/10^{-6}，据武警黄金地质研究所测试。

6　围岩蚀变、流体包裹体

区内金矿蚀变相当发育，蚀变类型有：钾长石化、碳酸盐化、硅化、绢云母化、绿泥石化、钠长石化、仓红石化、黄铁矿化等。钾长石化比较普遍，但蚀变强度不同，乌拉山金矿钾长石化相当发育，分布在内蚀变带，本身已构成矿体。而东伙房、后石花金矿钾长石化比较弱，离矿体远，矿化也弱。钾长石化是本区金矿成矿的一个重要特点，反映成矿流体

偏碱性，该蚀变也是一个显著的找矿标志。

碳酸盐化在本区分布广泛，蚀变波及面也比较广。一般是早中阶段热液交代围岩形成，不是晚阶段热液沉淀物，碳酸盐化包括方解石化、铁白云石化、菱铁矿化。主要是矿液中 CO_2 与岩石中铁、镁离子结合而成，表明矿液是富 CO_2 的。黄铁矿化直接伴生金矿化，也是金矿沉淀的主要原因。

蚀变分带明显，可分为内带：一般为碳酸盐化±钾长石化±硅化+黄铁矿化，外带：一般为绢云母化+绿泥石化+碳酸盐化±钾长石化。蚀变过程中 K、CO_2、S、Au 等元素均为带入组分，而 Na、SiO_2、Ba、Sr 均为带出组分。K 交代形成微斜长石和绢云母，CO_2、S 则起到固化剂作用，将蚀变围岩中的 Ca、Mg、Fe 组分以碳酸盐和硫化物形式固定下来。

各矿床脉石英的流体包裹体相当丰富，一般具有以下共同特征（表 3）：

（1）包裹体多，分布密集。个体较大，一般为 5～15μm，呈面型和（或）线型定向分布，多为它形不规则状，亦可见到负晶形。

表 3　区内若干金矿流体包裹体特征

金矿	包体类型	分布特点	气液比/%	均一温度 Th	盐度	压力及深度
腮忽洞	以单一液相为主，有气液型和 CO2 气液型包体	包体多，它形不规则，5～15μm	气液型＜5%（CO_2－气液型为 15%～20%	185～240.5℃集中于 190～230℃	3.6～4.3	
新地沟	主要为含 CO_2 气液型包裹体（三相），次为气液型包裹体，有纯 CO_2 包裹体，不含子矿物	主要呈线状分布，属成矿期包裹体；2～10μm，它形、多边形	气液型为 10%～20%，CO_2 气液型为 30%～40%，个别达 50%	223.6～322.9℃集中于 230～250℃及 270～330℃	2.2～2.7	85～115.0 MPa
哈拉沁	大多数（80%）为纯 CO_2 气液型，少量为 CO_2－气液三相包裹体，极个数为气液型包体	沿石英生长纹分布，有时排列成网状，30×10μm，不规则	CO_2－气液型为 35%～60%	201.4～226.8 即 200～230℃		75.0MPa
红道巷	为含 CO_2 的三相气液型包裹体，无子矿物	分布于重结晶后的石英中，6×3μm，它形不规则	30%～35%	233～346.1 集中于 270～310℃	1.7～2.2	

据地科院矿床所测试。

（2）普遍含 CO_2，以气液两相包裹体为主。各矿床均可见到 CO_2 三相包体，乌拉山金矿较发育该种包体。气液比一般为 10%～55%，和富气相包裹体（气液比 45%～55%）一起构成沸腾或不混溶包裹体群。

（3）盐度较低，一般小于 10wt%，属中低盐度含矿流体。

（4）包体均一温度范围 200～400℃，其中乌拉山 210～310℃，东伙房 250～350℃，后石花为 280～400℃，包体成分上一般 Na^+/K^+ 大于 1，摩尔比值一般为 1.6～8.2，Ca^{2+} 含量比较高。

7　稳定同位素规律

区内金矿床硫同位素组成总体看变化比较大，由－14‰～＋6.1‰。隆起西部的乌拉

山、后石花金矿偏负值，而东部的东伙房等金矿偏正值。但推算的各矿床的总硫同位素组成均在0‰±5‰范围之内，反映硫的幔源特点。

碳同位素组成除了乌拉山金矿之外，其它金矿没有做工作。方解石、铁白云石的$\delta^{13}C$所反映出来的碳源是来自上地幔。

区内金矿铅同位素特征也不尽相同。乌拉山金矿床的黄铁矿、方铅矿等含金硫化物铅同位素组成变异比较大，但具线性关系，$^{206}Pb/^{204}Pb=15.937\sim18.87$，$^{207}Pb/^{204}Pb=15.2145\sim15.6839$，$^{208}Pb/^{204}Pb=36.0667\sim38.5014$。矿石铅是一套具线性关系的异常铅，经分析认为铅来自上地幔和太古宇乌拉山群绿岩混合。

东伙房等金矿的铅同位素组成相当稳定，其中东伙房金矿$^{206}Pb/^{204}Pb=16.247\sim16.516$，平均16.408，$^{207}Pb/^{204}Pb=15.244\sim15.407$，平均15.301，$^{208}Pb/^{204}Pb=36.300\sim36.883$，平均为36.537。东伙房金矿矿石铅在Doe和Zartman(1979)铅构造图上投影(图2)，大多数铅样品点落入地幔铅演化曲线上或附近，个别有偏离，说明矿石铅源的构造环境为地幔或地幔与下地壳的过渡带，反映成矿物质具深部来源性质

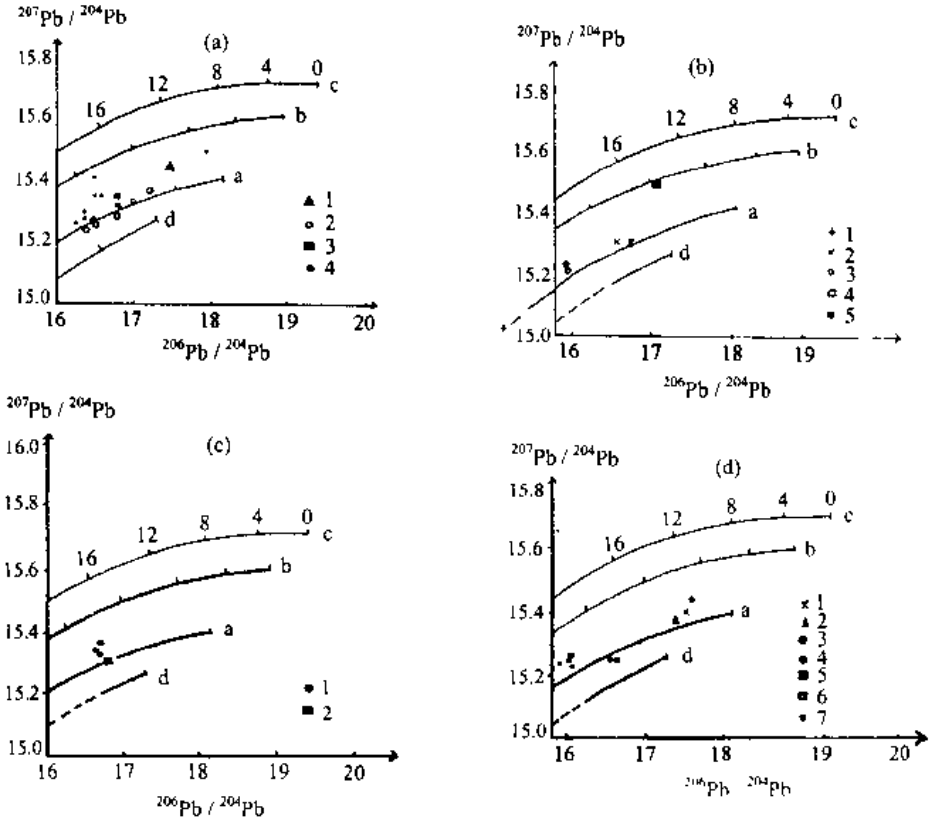


图2 铅同位素构造环境模式图

a－地幔；b－造山带；c－上部地壳；d 下部地壳；Ⅰ：1－紫苏石英闪长岩；2－正长斑岩；3－闪长玢岩；4－金矿石中硫化物；Ⅱ：1 腮忽洞正长岩；2－腮忽洞矿石；3－松树背矿石；4－松树背花岗石；5－打不亥矿石；Ⅲ：1－蘑菇窑子矿石；2－蘑菇窑子二长花岗岩；Ⅳ：1－摩天岭矿石；2－哈拉沁矿石；3－后石花岩石；4－后石花长英质脉；5－新地沟矿石；6－笔架山岩体；7－大汗青矿石

东伙房金矿正长斑岩的铅同位素组成为：$^{206}Pb/^{204}Pb=16.651\sim17.184$，$^{207}Pb/^{204}Pb=$

15.285～15.370，$^{206}Pb/^{204}Pb$=36.767～37.297。与矿石值相差不大，投点相近，而与紫苏石英闪长岩铅有一定差异，说明成矿物质来源及成矿地质热事件与正长斑岩有关。

后石花等金矿床铅同位素组成也比较稳定，基本投影到地幔演化线附近（图2），也反映了铅的深源或幔源性。

东伙房金矿石英的 $\delta^{18}O$ 为 +11.86‰～+12.81‰，包体水的 δD 为 −85.4‰～−93.8‰，换算的矿液的 $\delta^{18}O_{水}$ 为 +5.4840‰～6.203‰，腮忽洞各值分别为 −82.30、+5.393。两矿床矿液的氢氧同位素主要位于原始岩浆水范围（$\delta^{18}O_{岩浆水}$ = +5‰～+12.5‰，δD= −40‰～−80‰ Tarlor，1979）接近。有的虽不在岩浆水范围内，但亦位于原始岩浆水范围内，表明矿液主要来源于岩浆水，亦有少量天水混入，与矿液成分特征所表明的相一致。

后石花金矿 $\delta^{18}O_{石英}$ 为 +11.12‰～+11.89‰，$\delta^{18}O_{水}$ 为 +3.8‰～6‰，δD 为 −85.80‰～−110.10‰。δD 值低，反映地下水可能参与到岩浆热液成矿作用之中。新地沟金矿为 $\delta^{18}O_{石英}$ 为 +10.78‰～+13.26‰，$\delta^{18}O_{水}$ 为 +0‰～7‰，δD 为 −67‰～−98‰，该矿氢氧同位素部分样品位于原始岩浆水范围内，表明有来自深部岩浆的矿液；部分样品位于岩浆水范围附近与天水之间，表明有地下水混入。

8 区域成矿模式

乌拉山－大青山地区金矿产在乌拉山群花岗岩－绿岩建造中，二者之间存在着密切的成因联系。因此，区内金矿属绿岩型金矿床。然而和国外典型绿岩型金矿相比，本区金矿一个不同之处是金矿不与太古宙绿岩同时或近于同时，而是形成于已刚性化了的花岗－绿岩地体活化阶段。这期间没有发生区域变质作用，所以也就不存在变质热液型金矿。金矿的成矿作用明显和该阶段的构造－岩浆活动有关。本区金矿主要与岩浆岩特别是花岗质碱性岩体（脉）有关。岩浆热液在金矿成矿过程中占主导地位。目前没有发现典型的地下水热液金矿，但据氢氧同位素分析，东伙房、新地沟等金矿有一定的地下水渗入。

乌拉山群绿岩是区内金矿的重要矿源之一，地球化学、铅同位素证明它能为金矿提供Au、Pb、W、Mo等成矿元素。然而本次研究发现区内金矿存在另外一个重要的矿源，即上地幔，金矿床的C、S、K、部分Pb可能来自该处。因此，本区金矿成矿物质来源具有混源特点。

尽管绿岩带不是唯一的矿源，也不存在变质热液型金矿，但也不能否定本区金矿是绿岩型金矿。Rock（1988a、b）根据煌斑岩含金量比较高的特点，提出煌斑岩成矿说，进而又提出煌斑岩－斑岩金矿成因系列。强调了绿岩型金矿成矿物质具有幔源性。Burrows（1986）根据绿岩型金矿中 $\delta^{13}C$ 变化不大等特点，提出了岩浆成矿模式，强调了岩浆热液在成矿中的作用。由此看来绿岩型金矿的成矿物质并不绝对都是太古宙绿岩带，也不一定非是变质成因。所以从某种意义上讲，如果不考虑金矿的成矿时间，本区与国外绿岩型金矿的成矿机制是有许多共同之处，所反映出来的成矿特点也比较接近。例如存在着强烈的碳酸盐化围岩蚀变，具有含 CO_2 的流体包裹体，矿石中W、Mo含量较高。出现赤铁矿、磁铁矿、硫酸盐等氧化性矿物。这表明在花岗岩－绿岩地体形成及演化的各个阶段都

可以成矿。不同阶段的矿床具有明显的亲缘关系。

从理论上讲两个或多个方向的成矿物质来源的叠加，特别是地幔物质的加入对成矿更为有利。太古宙绿岩在来自地幔的深部流体作用(激发)下，更易产生重熔、交代作用形成携带熔浆。长期位于俯冲带附近、深大断裂存在是地幔流体上升的主要条件。

在前面讨论的基础，概括出本区金矿的成矿模式为两源多期绿岩带－构造－碱性或酸性岩体(脉)三位一体成矿模式。

受华北地台演化影响，乌拉山－大青山花岗岩－绿岩地体于古生代开始活化解体。海西期伴随着北部地槽的褶皱回返，西伯利亚板块由北向南俯冲，地幔物质沿区内一条深大断裂上涌，并交代－重熔乌拉山群矿源层，形成一套碱性－偏碱性岩浆流体，同时使乌拉山群成矿物质转移到岩浆中与地幔物质混合。这种熔浆侵入到地壳深部形成侵入体或随着火山作用形成爆破角砾岩筒及浅成相次火山岩。在成岩过程晚期，冷却形成富 CO_2、偏碱性和氧化性的含金流体，沿近地表的脆性断裂充填交代形成金矿床。

海西期类似的成矿作用，一直延续到中生代印支期。碱性岩浆演化晚期也可以派生出一套高挥发份高氧化性的伟晶岩浆。这种岩浆沿深大断裂的次级构造侵入形成碱性伟晶岩脉，金矿脉与伟晶岩脉是同源不同阶段的产物，是兄弟关系。因此乌拉山金矿是和印支期伟晶岩脉有关的金矿。

燕山晚期西伯利亚板块活动减弱，太平洋板块俯冲对本区的影响远不如东部地区。实际上这一时期的金矿成矿作用在减弱。它主要是沿深大断裂带形成一套以中酸性为主的花岗岩系列及金矿，幔源物质减少，绿岩成分增加。其挥发份含量降低，侵位较深，可能是隐伏的中酸岩体。

参考文献

刘纲，关广岳，赤峰－朝阳金矿集中区异源同生区域成矿模式的研究，华北地台北缘金矿地质科研讨论会论文选编，沈阳：东北工学院出版社，1992：39～47。

内蒙古自治区地质矿产局，内蒙古自治区区域地质矿产志，地质专报，北京：地质出版社，1991。

聂凤军等，乌拉山金矿稳定同位素的研究，矿床地质，第3期，1994。

沈保丰等，中国太古代绿岩带，地质学报，第3期，1993：208～220。

孙德育等，内蒙古固阳－大会太韧性剪切带与成矿，长春地质学院学报，第4期，1990。

向树元等，与碱性岩有关金矿床的新认识及华北地台北缘找矿前景，华北地台北缘金矿地质科研讨论会论文选编，沈阳：东北工学院出版社，1985：105～108。

甘肃肃北蒙古族自治县南金山金矿地质特征及控矿条件分析

郭晓东　李强之　徐燕夫　陈孝强
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　南金山金矿赋存于特定的地层层位（下石炭统上岩组第四、第六岩性段）及特定的岩石组合（变凝灰质砂砾岩、变凝灰质砂岩和变英安质凝灰岩）中。受近东西向和北东向两组断裂构造的联合控制。从矿床地质特征、控矿条件的分析入手，总结找矿标志，对本区及外围进一步找矿工作具有一定的指导意义。

关键词　金矿　地质特征　控矿条件　甘肃

南金山金矿区隶属于甘肃省肃北蒙古族自治县马宗山区，位于玉门镇340°方向，直距200km。地理坐标：东经96°07′06″～96°10′43″，北纬41°56′54″～41°58′31″。矿区东西长4.5km，南北宽1.5km，面积约6.8km^2。

1　区域地质背景

矿区位于天山－内蒙褶皱系北山褶皱带中部，星星峡－明水复背斜南翼，南金山次级向斜构造中，破城山－坡子泉区域性大断裂的北侧（图1）。

1.1　矿区地层

矿区出露地层由下石炭统白山组上岩组一套浅海－滨海相火山碎屑沉积岩、火山碎屑岩，碳酸盐岩组成，具有轻度变质现象。该组地层总体呈近东西向带状分布，走向70°～80°，南倾，局部北倾，倾角35°～55°，局部可达70°－80°。根据岩石组合、沉积建造及产出特征，由北而南、自下而上将矿区下石炭统白山组上岩组划分成六个岩性段。

第一岩性段：深灰—灰黑色条带状灰岩，局部夹有黑色含炭绢云母板岩透镜体。该岩性段向西相变为黑色含炭绢云母板岩，向东渐变为次生石英岩化安山岩及流纹石英岩，并见有矽卡岩化大理岩透镜体。

第二岩性段：深灰色薄层泥灰岩夹灰黑色千枚状含炭绢云母板岩，局部见角砾状结晶灰岩和变凝灰质砂砾岩。

第三岩性段：下部为深灰色—灰绿色厚层状变凝灰质砂砾岩和变凝灰质砂岩；上部为灰白色厚层状变石英砂岩。该岩性段深部可见含金次生石英岩（脉）的下延部分和零星金矿体，为北矿带的次要含矿层位。

第四岩性段：下部为深灰色厚层状变凝灰质粉砂岩、变凝灰质含砾砂岩夹薄层绢云母

主要作者简介：郭晓东，男，1969年生，工程师，主要从事构造地质及成矿预测研究

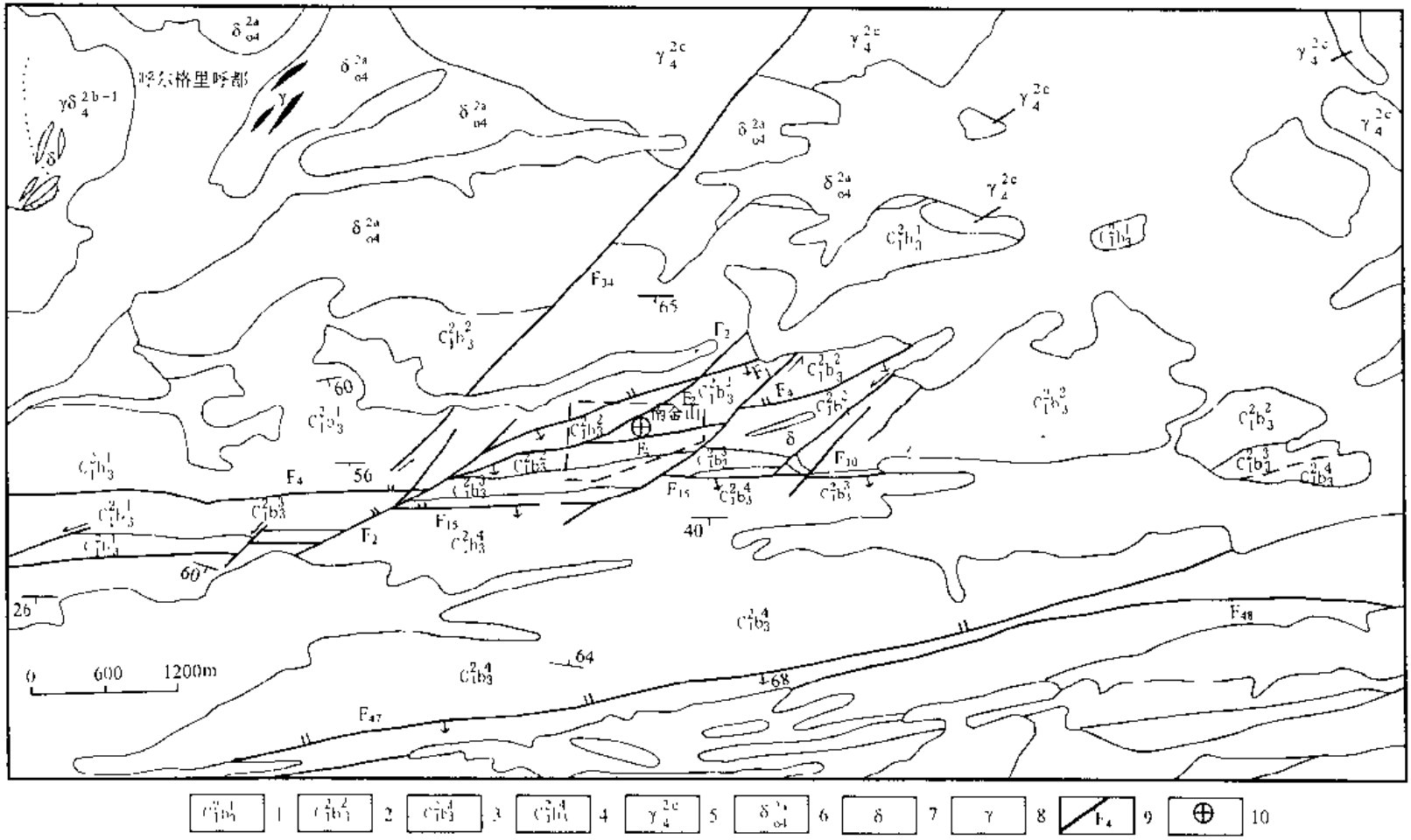


图 1　南金山金矿区区域地质图

1－第一岩性段；2－第二岩性段；3－第三岩性段；4－第四岩性段；5－花岗岩、二长花岗岩；6－石英闪长岩；7－闪长岩脉；8－花岗岩脉；9－断层及编号；10－金矿

板岩；向东相变为深灰色—灰黑色千枚状绢云母板岩和含炭绢云母板岩，中部为灰白—灰绿色厚层－块状变凝灰质砂砾岩，局部夹有黑色厚层状含砾炭质板岩，灰褐色硅质灰岩，深灰－灰黑色绢云母板岩透镜体，上部为灰白色块状变英安质凝灰岩。南金山金矿大多数含金次生石英岩（脉）及金、银矿体集中赋存于该岩性段内，是北矿带最主要的含矿层位。

第五岩性段：深灰－紫褐色厚层－块状变花岗质砂砾岩，局部夹变凝灰质砂岩，紫红色厚层状变沉火山角砾岩透镜体，岩石中砾石成分较复杂，砾石主要有石英、斜长石、钾长石、花岗岩，其次有大理岩、变质砂岩、硅质岩、变英安岩、变安山岩等。可见到零星小矿体，是北矿带次要含矿层位。

第六岩性段：深灰－灰绿色中厚层状变沉凝灰岩，局部有细晶灰岩和变流纹英安质凝灰熔岩扁豆体。该岩性段是南矿带唯一的含矿层位。

1.2 矿区岩浆岩

侵入岩主要为矿区北侧两公里以外的呼尔格里呼都花岗闪长岩及黑云母二长花岗岩体，岩体呈岩基或岩株产出，属华力西中期产物。

矿区脉岩相当发育，主要有蚀变闪长岩脉、闪长玢岩脉、石英闪长岩脉、英安斑岩脉、流纹斑岩脉、碳酸岩脉、石英脉及次生石英岩脉等，以近东西向和近北东向者为主，规模较大，而北西向和近南北向较少，规模也小。岩脉的空间分布与矿区构造线方向一致，且大多数脉岩沿断裂充填。

矿区内火山岩主要为火山碎屑沉积岩类和少量火山碎屑岩类（变凝灰质砂砾岩、变凝灰质砂岩、变英安质凝灰岩、变沉凝灰岩、变沉火山角砾岩等），是下石炭统白山组上岩组第三、第四、第六岩性段的主要组成部分。

1.3 矿区构造

由于矿区特殊的大地构造位置，经历了蓟县期、加里东期、海西期和印支期等构造运动的影响，尤其以海西期最为强烈，使区内褶皱重叠，断裂交织，形成较为复杂的构造形态

区内发育的褶皱构造主要为星星峡－明水复背斜，南金山次级向斜。金矿体受控于南金山次级向斜构造中。

矿区断裂构造极其发育，主要有四组：近东西向、北东向、北西向及北北东向，以近东西向和北东向两组断裂最为发育，规模也较大，北北东向断裂次之，北西向断裂最不发育。近东西向 F_4、F_{14}、F_{15}断裂应为区域上破城山－坡子泉深大断裂的同期产物，而北东向、北北东向和北西向断裂则为其次一级派生构造。

近东西向断裂：大多数长 2～3km，形成宽约 0.5 至数米的糜棱岩带或挤压破碎带，部分被晚期蚀变闪长岩脉、次生石英脉或碳酸岩脉所充填，走向一般为 70°～80°，南倾，倾角 60°～70°，属逆断层性质。规模较大的 F_4、F_{14}、F_{15}断裂分别控制北、南两个矿带。

北东向断裂：大多数长 370～2400m 不等，形成宽度不等的破碎带或糜棱岩化带，走向一般 50°～70°，南东倾，少数北西倾，倾角 60°～80°。多数为逆断层，少数为平移断层或正断层，是主要的容矿构造。

北北东向断裂：该组断裂形成较晚，后期继承性活动明显，多形成破碎带或为碳酸盐脉所充填；走向 20°～40°，南东倾为主，倾角 55°；具有平移断层的性质。

北西向断裂：极不发育，规模较小，多为后期岩脉充填。

2 矿床地质特征

2.1 矿带特征

南仑山金矿床按矿体产出的空间位置可分为近东西向的南、北两个矿带。北矿带长 4.5km，南北宽 0.5km，受近东西向的 F_4 及其次级断裂构造控制。地表含金脉体数量多，规模大，成群集中分布。矿体和含金脉体的直接围岩在西矿段主要为变凝灰质砂砾岩和变凝灰质砂岩；东矿段主要为变英安质凝灰岩，含金脉体和矿体数量多，规模小，分布零散。南矿带长 3.5km，南北宽 0.3km，受近东西向的 F_{14}、F_{15} 及其次级断裂控制。含金脉体数量少，规模小，变沉凝灰岩为矿体和含金脉体的直接围岩(图 2)。

2.2 矿体规模、产状和形态特征

北矿带地表圈出金矿体 54 条，银矿体 18 条。金矿体长 25～830m，银矿体长 25～325m。其中，2－6 线共圈出 16 条金矿体，金矿体长 45～630m。含金脉体多呈脉状、似脉状和透镜状，少数呈不规则团块状或囊状产出。局部地段具膨缩、弯曲、分枝现象。脉体走向一般为 65°～80°，少数为 50°～60°，与地层走向大体一致，局部斜交；倾向与地层相反，绝大多数北倾，倾角 25°～45°，局部较陡，矿体主要分布于脉体的上下盘，以下盘最好。

北矿带脉体群在平面上具有向西收敛，向西撒开的帚状分布特征，矿带西段 2～6 线，脉体数目虽少，但规模较大，分布集中，连续性和含矿性较好；东段脉体数目虽多，但规模小，分布零散，连续性和含矿性较差。钻孔显示，脉体群在剖面上分为两层，呈叠瓦状平行排列，第一层分布在 3 线以东，标高为 2050～2199m，第二层在 5 线以西至 6 线，标高为 1960～2117m。总体上具有向西倾伏的特点。

南矿带含金脉体呈近东西向分布，除个别脉体金、银局部富集成矿外，一般含矿性较差。

2.3 矿石特征

矿石类型属贫硫化物型。矿石中金属矿物以褐铁矿为主，黄铁矿、磁黄铁矿和针铁矿次之，偶而可见镜铁矿、赤铁矿、黄铜矿、辉锑矿、毒砂、辰砂、方铅矿、闪锌矿和自然铅等。主要有用矿物为银金矿、角银矿和自然银。脉石矿物以次生石英为主。

矿石结构：以显微花岗变晶结构及显微鳞片花岗变晶结构为主，其次为变余凝灰质砂砾状结构、变余凝灰质砂状结构、自形晶粒状结构、它形－半自形晶粒状结构，部分地段可见到碎裂结构、交代和交代残余结构。

矿石构造：主要有块状构造、星点状构造和细脉－星点浸染状构造，其次为网脉状－团块状构造。

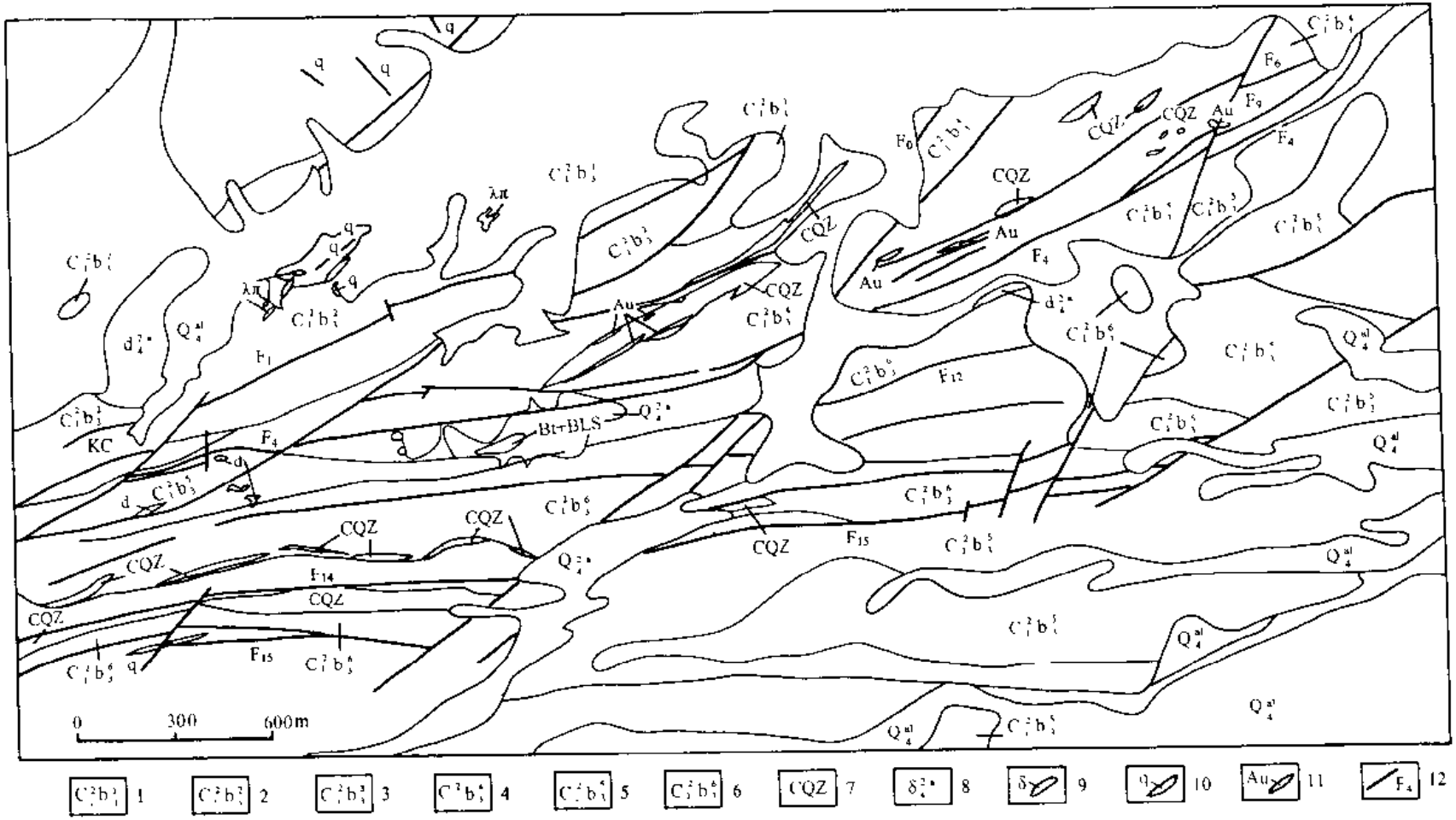


图 2　南金山金矿区地质简图

1－第一岩性段；2－第二岩性段；3－第三岩性段；4－第四岩性段；5－第五岩性段；6－第六岩性段；7－次生石英岩(脉)；8－闪长岩；9－闪长岩脉；10－石英脉；11－金矿体；12－断层及编号

2.4 围岩蚀变特征

围岩蚀变类型有：次生石英岩化、硅化、绢云母－绿泥石化，次为黄铁矿化、叶腊石化、碳酸盐化和褐铁矿化等。以次生石英化最为发育，与成矿关系最为密切。

(1)次生石英化：在含金脉体两侧呈不规则带状展布，宽 1－20m，具有靠近含金脉体蚀变较强，远离含金脉体蚀变愈弱的变化特征。围岩遭受次生石英岩化后，具有明显的褪色现象。

(2)硅化：出现在含金次生石英岩脉内及两侧，叠加在次生石英岩化蚀变带上的一种蚀变作用，形成石英细脉和网脉。

(3)绢云母－绿泥石化：是一种与次生石英岩化同时形成的蚀变作用，呈线状分布于含金脉体两侧，与次生石英岩化蚀变带完全或部分叠加重合。蚀变带宽度较大，达 5－30m。蚀变特征是原岩中的斜长石晶屑、火山碎屑及胶结物被新生的显微鳞片状绢云母、绿泥石所取代，使原岩结构构造特征发生明显变化。

(4)叶腊石化：是成矿晚期的一种蚀变作用，出现在强烈次生石英岩化蚀变带局部地段，呈细脉状沿围岩蚀变带裂隙充填，部分呈豆状或不规则团块状分布于强烈破碎的蚀变围岩中。

(5)黄铁矿化和褐铁矿化：黄铁矿化常与次生石英岩化紧密伴生，蚀变较弱，分布零星。黄铁矿呈星点状、浸染状产出，局部呈细脉浸染状产出，形成黄铁矿细脉或团块。褐铁矿化是黄铁矿化次生氧化作用的产物，发育于地表及强烈破碎地段。

3 控矿条件分析

3.1 地层对金矿的控制作用

金矿体受特定的地层层位及特定的岩石组合所控制，主要赋存于下石炭统白山组上岩组第三至第六岩性段中酸性火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩类中，以第四岩性段变凝灰质砂砾岩及变凝灰质砂岩含矿性最佳，其次是变凝灰质英安岩，具有一定的层控性。酒泉地质矿产调查队痕量金分析统计显示，第三至第六岩性段金的平均值为 7.5×10^{-9}－24.5×10^{-9}，相当地壳克拉克值 2－8 倍，以第四岩性段的平均金丰度最高(其它岩性段金的平均值为 3.9×10^{-9}～4.3×10^{-9}，接近地壳克拉克值)，表明第四岩性段一套浅变质火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩是金的主要矿源层。对于北矿带，由变凝灰质砂砾岩、变凝灰质砂岩和变英安质凝灰岩岩石组成的地段，是含金脉体和主要工业矿体集中分布的地段，金矿体规模大且富，而出现较多灰黑色含碳炭质板岩、含炭绢云母板岩和灰褐色硅质灰岩等，或赋矿岩石中含有较多炭泥质成分，岩石呈黑灰色地段，含金脉体变窄变小，矿化较差。

3.2 岩浆岩对成矿的控制作用

矿区北侧的呼尔格里呼都花岗闪长岩及黑云母二长花岗岩体，属华力中期产物。从

区域矿产分布特征来看，已知的双井子金矿、双井子铁矿、双井子北铜矿、双井子多金属矿、坡子泉铁矿、马庄山北铜矿、呼尔格里都铜矿等，无一例外的产在花岗闪长岩、花岗岩、钾长花岗岩岩体内或其接触带部位。在矿区南部蓟县系白云质大理岩中，已找到重晶石矿2处，白云岩矿2处，白云岩规模呈大型，另外，还发现透闪石、叶腊石等成矿温度较低的矿种。金、银等贵金属矿带在高温和低温矿带的中间，可以看出，矿种产出的空间位置具有明显的温度梯度分带特征，反映了岩浆岩在成矿中的作用。岩浆侵入而产生的热源，在金矿成矿作用过程中也起到了加热器的作用，带出的金、银等元素为富集成矿也提供了物质基础。

3.3 构造对金矿体的控制作用

区域构造对金矿成矿的控制作用主要表现在：区域上近东西向的破城山－坡子泉深大断裂及其同期产物近东西向的F_4断裂，共同构成南金山金矿的导矿构造系统，为成矿热液的上升运移提供了良好的通道。近东西向的F_4（北矿带）、F_{14}、F_{15}（南矿带）断裂及其伴生的次一级的北东向断裂则是南金山金矿的容矿构造。

从北矿带断层的平面分布来看，近东西向和北东向两组断裂共同构成一个向西收敛，向东撒开的帚状构造。这与北矿带含金脉体的总体分布态势是完全吻合的，表明矿体的分布与矿区断裂的整体骨架完全一致。在垂向上具有向东抬起，向西倾没的倾伏规律，西矿段位于帚状构造的收敛部位，矿体集中，规模大，连续性及稳定性好，矿石质量也好，构成本矿区主要的工业矿段；东矿段位于帚状构造的撒开部位，矿体分布零散，规模变小，连续性和含矿性变差，矿体南北对倾（北部的矿体南倾，南部的矿北倾），倾角较陡，似受"X"型裂隙系统控制。造成东、西矿段矿体在空间分布、规模、产状、稳定性及含金性等方面差异的原因，主要是由于它们所处的构造位置的不同，帚状构造的收敛端（西矿段），构造应力场集中，强度大，形成有利矿液交代沉淀的容矿空间，成为南金山金矿主要的工业矿段。帚状构造的撒开端（东矿段），构造应力场分散，强度小，不利于成矿热液的运移和交代，只能形成规模较小的矿脉，其含矿性也差。充分说明了北矿带金矿的形成与断裂构造具有紧密的成因联系，严格受断裂控制，具有明显地构造控矿的特点。

次生石英岩（脉）边部构造控矿：次生石英岩（脉）边部，由于次生石英岩与围岩岩性的差异，在次生石英岩的边部，成为构造薄弱带，构造应力容易在此集中，形成构造破碎带，成矿热液交代沉淀富集成矿。正是由于这些原因，矿区内的金矿体大多产在次生石英岩的上下盘，尤其是下盘。在含金次生石英岩（脉）体膨大部位，矿石碎裂程度较高，并有后期叶腊石化叠加地段，往往是富矿体存在的位置。

4 找矿标志

（1）金矿体受特定的地层层位和特定的岩石组合控制。因此，下石炭统白山组上岩组第四岩性段及第六岩性段的变凝灰质砂砾岩、变凝灰质砂岩和变英安质凝灰岩是找矿的有利层位。

（2）金矿体严格受近东西向和北东向断裂构造的联合控制。近东西向构造和北东向

构造相交的锐角区是寻找金矿脉的有利部位。

(3)金矿体产于次生石英岩(脉)内,尤其是次生石英岩(脉)的下盘,因此,有次生石英岩脉分布地段,是寻找金矿体的直接标志。在含金脉体膨大部位,矿石碎裂程度较高,并有后期叶腊石化叠加地段,是寻找富矿段的直接标志。

(4)古人采金的老硐、矿坑是直接的找矿标志。

新－甘北山地区金矿床类型及典型矿床简介

徐燕夫　李强之　郭晓东
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　大多数学者建立在岩浆、热液、沉积等成因基础上的金矿分类对所在地区地质、构造、地球化学等方面有明显的不足，R.W.Boyle的分类能够更好地说明这些情况　本文根据其分类对新－甘北山地区的金矿进行分类尝试，并尽可能地提供了典型金矿床的岩石类型、构造环境等方面的资料。

关键词　金矿类型　岩石　构造　新疆　甘肃

1　区域地质背景

新－甘北山地区位于中朝－塔里木板块(Ⅰ)北缘中段，包含塔里木板块北缘活动带和塔里木古陆壳两个Ⅱ级构造单元，觉洛塔格晚古生代岛弧带、星星峡中间地块、北山古生代裂谷带等三个Ⅲ级构造单元。该区地史的发展经历了古元古代至新生代。前震旦纪的变质岩系构成本区的结晶基底；震旦纪至早奥陶世稳定大陆解体或槽台分化，开始转为优地槽；中奥陶世至中石炭世，为板块活跃或再生地槽形成阶段；晚石碳世至早三叠世，板内裂谷或是陆内湖盆发展阶段；晚二叠世至第四纪，为板内活动阶段。伴随每一期地质活动，均有不同程度的构造岩浆活动，其中华力西期岩浆活动最为强烈和频繁。

2　金矿床分类

2.1　R.W.Boyle的分类

(1)含金斑岩的岩墙、岩株和岩床及粗粒花岗岩的各种岩体、细晶岩、伟晶岩矿床；

(2)含金的矽卡岩型金矿床；

(3)产在火山岩层的断裂、裂隙、剪切带中的金－银矿床和不规则硅化体中的金矿床；

(4)产在沉积岩区域里的断裂、裂隙、层面假整合处以及背斜上的剪切带、破碎带中的金－银矿床，化学上有利于成矿的沉积岩层中的金－银矿床；

(5)由沉积岩、火山岩及岩浆岩或花岗岩化岩石形成的复杂地质环境中的金－银矿床；

主要作者简介：徐燕夫，女，1965年生，工程师，现主要从事黄金地质研究工作。

(6)火成岩、侵入岩、火山岩和沉积岩中的浸染状和网脉状金－银矿床:①火山岩区域里的浸染状和网脉状金－银矿床;②火山岩和伴生的火山碎屑岩中的浸染状和网脉状金－银矿床;③火山碎屑岩和沉积岩中浸染状和网脉状金－银矿床,凝灰质岩石和含铁建造中的金矿床以及化学上有利于成矿的沉积岩层中的金－银矿床;

(7)石英卵石砾岩和石英岩中的金矿床;

(8)砂金矿。

2.2 工作区金矿床分类

新－甘北山地区地区目前已发现金矿床(点)约50余处。根据金矿床的产出特征,结合R.W.Boyle对金矿床的分类,现将工作区金矿床分类如表1所示

表1 新－甘北山地区金矿床(点)分类表

类型	一	二	三	四	五	六	
						1	3
矿床名称	拾金坡、南金滩、东小泉、金窝子、金庙沟、霍勒扎德盖、金沟井、460、扫子山、磨金洞、金沟子、东大泉	花东滩	马庄山、南金山、修翁哈拉、三峰山、新金厂	210、小草湖、白墩子、小西弓	龙山	老金厂	北金

注:表中"一、二、……"与2.1节中的"(1)(2)……"相对应。

3 典型金矿床

3.1 含金斑岩的岩墙、岩株和岩床及粗粒花岗岩的各种岩体、细晶岩、伟晶岩型金矿床

这类金矿以拾金坡金矿为代表。拾金坡金矿区内出露几乎全为华力西晚期浅灰绿色、浅红色斑状花岗岩,呈近东西向分布。有两期石英脉穿插其中,早期乳白色石英脉呈南北向分布,未见矿化。晚期褐色及灰白色铁染石英脉,呈近东西向分布,含金及硫化物。近矿围岩蚀变为绿泥石化,硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭土化等。其中与成矿关系最密切者为黄铁矿化。

矿体赋存于三个部位:①石英脉;②斑状花岗岩的蚀变带;③石英细脉与斑状花岗岩穿插的混染带。其中最主要者为石英脉。

含金石英脉共有30多条,呈串珠状分布,其中主要者有5条。一般长55～120m,平均宽0.3～0.8m,据少数钻孔证实延深100m尚未尖灭。蚀变带一般围绕石英脉与斑状花岗岩的接触带及隐伏石英脉的侵入前缘分布,蚀变带宽0.3～3m。矿石呈浸染状,金属矿物为黄铁矿、方铅矿及少量黄铜矿、辉铜矿,另有孔雀石。非金属矿物为石英。金呈细小微粒浸染于石英中及相邻的蚀变花岗岩中。

找矿标志:①区内大断裂附近的次级构造破碎带,特别是具硅化、绢云母化和黄铁矿化地段,往往有含金显示和矿体赋存;②岩体分支和复合部位,是断裂构造最发育的地段,含矿溶液多在这样的部位运移、沉淀并富集成矿;③岩体内断裂具斑状钾长石化的地段、

往往金矿化较好

3.2 矽卡岩型金矿床

这类金矿床以花东滩金矿为代表。矿点位于甘肃省安西县柳园镇东北 17km 处，产于奥陶系花牛山群(Oh_n^{b-1})大理岩化、硅化灰岩与华力西中期花岗岩、花岗闪长岩的接触部位，附近花岗岩、花岗闪长岩枝非常发育。

目前该区已发现 4 条矿脉，其中 1 号脉产于 Oh_n^{b-1} 大理岩化、硅化灰岩断裂中，在下盘(与 2 号脉之间)发育有花岗岩小岩枝，矿石中见有石榴子石、透辉石等高温矿物，矿脉长约 400m，厚 3～6m，产状 135°～180°∠65°～70°，矿化主要为强的褐铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化、闪锌矿化；2 号脉位于 1 号脉北 40m 处，与 1 号脉大致平行，也产于 Oh_n^{b-1} 大理岩化、硅化灰岩断裂中。矿脉长约 300m，厚 2～4m，产状 175°～180°∠65°～70°，3、4 号矿体也产于 Oh_n^{b-1} 大理岩化、硅化灰岩断裂中，但规模较小。

找矿标志：①中酸性花岗岩体与灰岩、大理岩的接触带。②褐铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿化是直接的找矿标志。

3.3 产在火山岩层的断裂、裂隙、剪切带中的金－银矿床和不规则硅化体中的金矿床

该类金矿以马庄山金矿为代表。该金矿位于哈密东南约 200km，矿区内出露的地层为下石炭统白山组一套中酸性火山岩，矿脉的产出受马庄山古火山机构控制(图 1)。

该火山机构的火山颈相为次流纹斑岩和英安斑岩，局部见隐爆角砾岩构成东西长愈 1.5km，南北宽 1km 的火山穹隆(马瑞士等，1997)

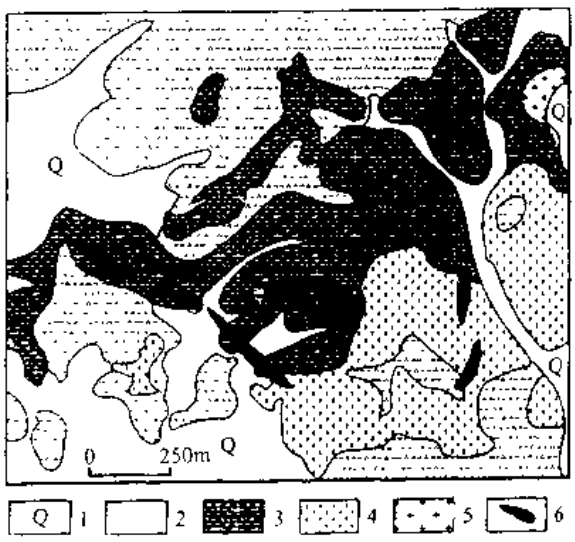


图 1 马庄山古火山机构简图

1－第四系；2－中酸性火山碎屑岩系；3－次流纹斑岩；

4 英安斑岩；5 花岗岩；6－金矿体

马庄山金矿以次生石英脉型为主，次为破碎带蚀变岩型。前者分布于近南北向、近东西向及北西向断裂破碎带中，其中以近东西向者规模最大；后者分布于次流纹斑岩和英安

斑岩的内外接触带。

含金次生石英脉可分为西、北、南3个脉带：西脉带长375m，由1～3条小脉组成，走向近东西，北倾，倾角35°～45°，矿体厚1～3m，品位低，斜深小于150 m；北脉带走向近东西，北倾，倾角45°～70°，矿体厚2～2.5m，平均品位7.56×10^{-6}，斜深小于150 m；南脉带产于次火山岩（流纹斑岩）接触带附近，走向北西，倾向北东，倾角35°～75°，矿体厚一般5～6.5m（最大达14m），平均品位7.89×10^{-6}，斜深350 m，为主矿体（周济元等，1996）。矿体伴随有银矿化，品位20×10^{-6}～50×10^{-6}，最高达287×10^{-6}（马瑞士等，1997）。

金属矿物主要为银金矿和金银矿，次为自然金。载金矿物主要有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿和毒砂。非金属矿物主要有石英、绢云母、方解石及叶蜡石等。围岩蚀变主要有黄铁绢英岩化、硅化、叶腊石化和绿泥石化。

找矿标志：①火山机构附近；②次生石英脉。

3.4 产在沉积岩区域里的断裂、裂隙、层面假整合处以及背斜上的剪切带、破碎带中的金－银矿床，化学上有利于成矿的沉积岩层中的金－银矿床

该类金矿以210金矿为代表。矿区内出露的地层为上泥盆统金窝子组一套含砾粗砂岩、泥质、碳质粉砂岩、沉角砾岩、沉凝灰岩以及凝灰质砂砾岩等组成一个向北西缓倾斜的单斜构造。矿床内无侵入岩。210层间构造破碎带是本矿床的主要控矿构造，主矿体（即Ⅰ号矿体）则赋存于210层间构造破碎带下部，受黄铁矿化糜棱岩、糜棱岩化黄铁矿化沉角砾岩控制，矿体呈似层状，规模较大，平均品位4.11×10^{-6}。整个破碎带内矿化分布很不均匀，但可明显分为上下两个矿化层。其中上部矿化层走向北东－南西，长约300m，倾斜延深1600～400m。分布于含砾粗砂岩与糜棱岩化角砾岩或糜棱岩化含角砾粗屑沉凝灰岩之间，岩石由灰色、黑色条带状糜棱岩及少量糜棱岩化砂砾岩构成。平均厚度11.8m，最大厚度为27.35m。下部矿化层走向北东，倾向北西，倾角20°～35°，长度大于1.2km，延深大于500m。矿化层岩石由糜棱岩、糜棱岩化沉角砾岩，糜棱岩化含角砾粗屑凝灰岩、糜棱岩及少量硅化体构成。其顶部岩石为上部含矿层的黑色糜棱岩及砂砾岩，底部为凝灰质砂砾岩。矿石结构以自形－半自形粒状结构和交代结构为主，其次有交代残余、交代假象结构，镶嵌及镶边结构等。矿石构造以条带状、细网脉状和浸染状为主，其次有角砾状及揉皱状构造。210金矿已初步查明有15种以上的矿物，主要金属矿物为黄铁矿，金矿石中黄铁矿含量一般为0.8%～4%，局部地段达10%～15%。自然金多呈包体包裹在黄铁矿中或者嵌布在黄铁矿和石英的细微裂隙中。

找矿标志：①含碳质灰岩及页岩的层间破碎带；②黄铁矿化石英脉。

3.5 由沉积岩、火山岩以及岩浆岩或花岗岩化岩石形成的复杂地质环境中的金－银矿床

该类型金矿以龙山金矿为代表。该矿床位于辉铜山－柳园大断裂内及北侧。矿区出露地层为奥陶系花牛山群上岩组片岩类，岩性为黑云母石英片岩、二云母石英片岩、含碳二云母石英片岩以及绢云母石英片岩、角闪石片岩、石英斜长片麻岩等，地层走向近东西，倾向北；下二叠统哲斯群变砂岩、含碳硅质板岩。与奥陶系花牛山群呈断层接触（图2）。

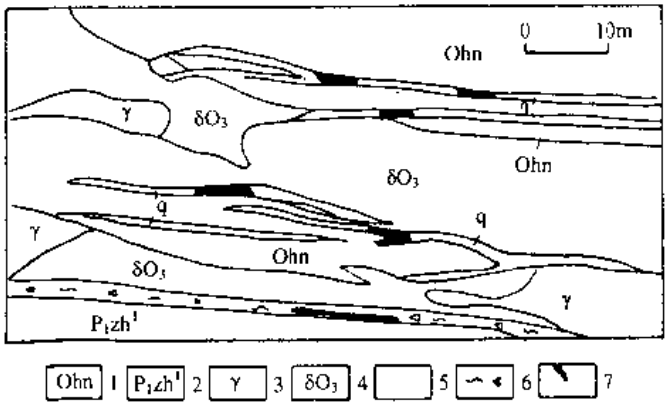


图 2　龙山金矿床地质略图

1－云母石英片岩、斜长片麻岩；2－变砂岩；3－花岗岩；4－石英闪长岩；5－含金石英脉；6－断裂破碎带；7－矿体

矿区主要岩浆岩为加里东期石英闪长岩、印支期花岗岩、斜长花岗岩、闪长岩脉、辉绿岩脉、辉长岩脉、石英钠长斑岩、石英脉等。加里东期石英闪长岩呈岩基产出，局部受构造影响岩石较为破碎。有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、褐铁矿化等蚀变。

矿体产于奥陶系花牛山群上岩组片岩类、中酸性岩中，以及与下二叠统哲斯群变砂岩、含碳硅质板岩的接触部位。可分南北两个含矿带、三个矿脉带，南矿带为大断裂本身，北带分布在次级压扭性断裂裂隙中。南带：Ⅰ号矿脉带，呈东西展布，长 1km，宽 10～40m。围岩主要为绢英岩碎裂蚀变花岗岩、石英闪长岩，围岩蚀变为绢英岩化、硅化、黄铁矿化。已发现有 3 条矿体。北带：Ⅱ、Ⅲ号矿脉带，呈近东西向展布，长 900 m，宽 300m，形态复杂，具分支复合、尖灭现象。该带主要岩性为二云母石英片岩、含碳云母石英片岩、黑云母石英片岩。围岩蚀变为硅化、绢云母化、褐铁矿化。共发现 12 条矿体。南北两带矿体多产于构造破碎带、断裂裂隙中，分布于 3 个矿脉中，严格受构造控制。矿体一般长 50～100 m，厚 0.08m。形态多为脉状或分支脉状，其中南带主矿体为似层状。矿体产状较陡，一般在 70°～80°之间，其中最陡可达 85°，最缓为 45°。

找矿标志：①断裂带及旁侧的碎裂蚀变花岗岩、石英闪长岩含金性较好；②石英脉、细网脉是含金地质体，其上下盘蚀变岩中亦含金。

3.6　火成岩、侵入岩、火山岩和沉积岩中的浸染状和网脉状金－银矿床

3.6.1　产于火山岩区域里的浸染状和网脉状金－银矿床

典型矿床为老金厂金矿床。矿区出露地层为下二叠统一套火山岩，岩石类型由英安岩、碱性玄武岩及少数白榴碱玄岩等组成。矿区构造主要由老金厂背斜和新金厂大断裂及北东向、南北向成矿后断裂构成(图 3)。导矿构造为新金厂大断裂(F_1)系统，总体呈东西向展布，F_2、F_3 断裂呈北东向相交于 F_1 断裂，F_1 断裂为一多期活动的大断裂。从新金厂到老金厂西矿段表现为南倾逆断裂，从老金厂中矿段向东表现为北倾正断裂。

老金厂矿床分为东、中、西三个矿段。东矿段主要是石英脉型矿体，以北东向、北西向两组为主。矿体呈脉状、透镜状，沿走向和倾向膨缩现象明显，变化范围在 20～30m，有的则小于 10m，矿化不均匀，呈单脉状产出，与围岩界线清楚。围岩蚀变是铁碳酸盐化、绿

泥石化和绿帘石化。中段矿体主要分布在新金厂大断裂内及其与次级构造交汇的部位，近东西向。西矿段的矿脉产于火山碎屑岩中，共发现17条矿体，长度为50～450 m，厚度为0.85～8.77 m，Au品位1.4×10^{-6}～6.84×10^{-6}。呈脉状、透镜状，沿走向常被平移断层错位，断距不大，一般1～3m。矿体由含金石英脉及其上下盘的细粒黄铁矿浸染状辉绿岩两部分组成，矿体膨缩现象明显，变化范围在30～40m。矿体厚度、品位从地表向深部有变穷、减弱的趋势。

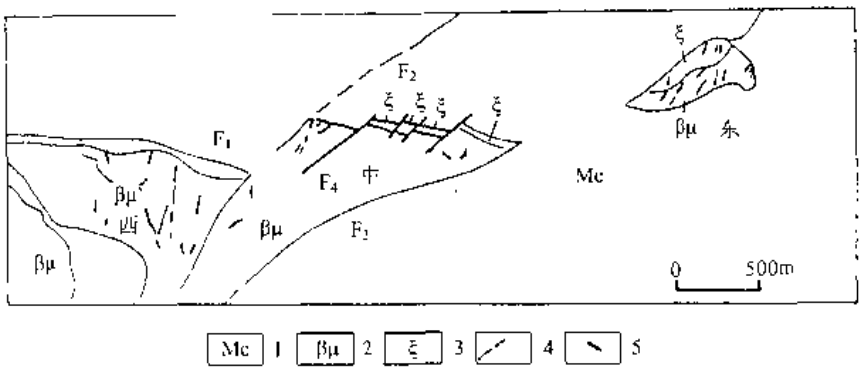


图3 老金厂金矿床地质略图

1－泥板岩火砂板岩；2－辉绿岩；3－英安岩、英安质流纹岩；4 断裂；5－矿体

找矿标志：①英安岩类岩石中北西向、北东向断裂带，见有针状、立方体状褐铁矿化为有利的找矿部位；②辉绿岩中石英脉上下盘发生强烈绿泥石化、硅化、褐铁矿化和黄铁矿化的部位，可寻找石英脉型、蚀变岩型矿体；③石英脉、石英细脉、石英细网脉是直接的找矿标志。

3.6.2 产于火山碎屑岩和沉积岩中浸染状和网脉状金－银矿床、凝灰质岩石和含铁建造中的金矿床以及化学上有利于成矿的沉积岩层中的金－银矿床

典型金矿床为北金金矿床。矿区出露地层为下二叠统一套碎屑岩，分布于新金厂大断裂北侧(图4)。碎屑岩由正常碎屑岩和火山碎屑岩组成。正常碎屑岩以各类板岩为主，火山碎屑岩以凝灰质砂岩、含火山结核的凝灰质泥板岩为主。该地层的产状倾向南，走向近东西。蚀变以硅化、铁碳酸盐化蚀变为主。该层中硅化石英脉及硅化蚀变带有两期(或两种类型)。第一期硅化蚀变带与硅化脉走向南西西，与地层夹角在15°～20°之间，该期为主要的含矿蚀变，伴随有针状黄铁矿化蚀变。第二期硅化蚀变带与硅化石英细脉走向北西西，与地层夹角一般大于20°，伴随有铁碳酸盐化蚀变，该期多数地段仅为矿化。

矿区断裂构造很发育，除新金厂大断裂外，尚有许多高角度的顺层断裂。碎屑岩带中地层普遍发生揉皱或隔挡式小褶皱，形成层间破碎带和构造虚脱带，花岗斑岩脉成群成带充填其间，形成有利的成矿环境。

金矿体均产于该层中的顺层断裂破碎带中，在一些地段沿走向受两组断裂的控制和限定。矿体宽度亦限制在两组断裂之间。在两组断裂间石英细脉十分发育，脉宽约2cm，但并不穿过两组断裂的边界。两组边界断裂倾角较陡，而石英细脉较缓，蚀变强烈。矿体具有剪切带控矿特征。该带金矿体划分为三个矿脉带 Ⅰ号矿脉带，总长度1075m，共有8条矿体。Ⅱ号矿脉带共有2条矿体，含矿带总长度500m Ⅲ号矿脉带共4条矿体，含

矿带总长度200m，矿体长度35～335m，厚度1.00～3.30m

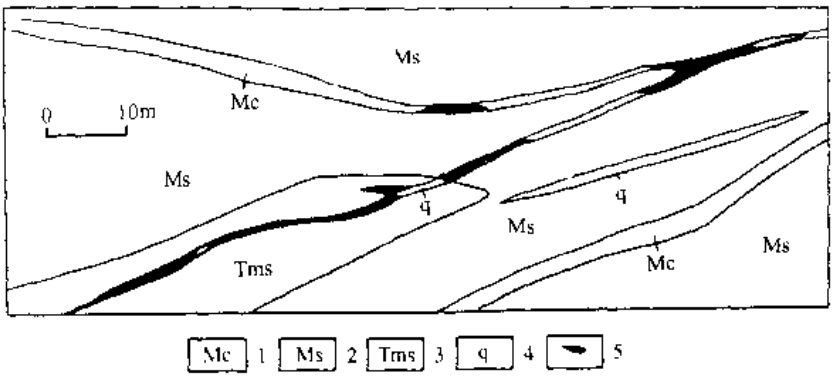


图4 北金金矿床地质略图

1－泥板岩；2－砂板岩；3－凝灰质砂板岩；4－破碎带及含金石英脉；5－矿体

该矿带的矿体沿南北向有膨缩现象，其膨缩间距为40m左右。膨大的地段主要是构造破碎带，充填有石英细脉、石英团块，两侧围岩可见浸染状黄铁矿，呈立方体状、针状。缩小的地段主要是顺构造破碎带充填的石英脉，呈乳白色，略带有青灰，长度为10－20m。从缩小到膨大的过程中，在20～30m长的范围内，地表仅表现为碎裂状石英脉。深3～5m，则可见矿体。

找矿标志：①层间破碎带和构造蚀变带，伴随有硅化、褐铁矿化；②含矿层位火山物质成分高时，品位亦有增高；③金矿体产出于花岗斑岩脉边缘。

西藏班公湖－怒江成矿带中段砂金标型特征对寻找原生金矿的指示意义

卫万顺　路彦明

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　该区分布着众多的砂金矿床，尽管目前尚没有发现成型的原生金矿床，但许多资料研究表明该区是西藏重要的金矿成矿带之一，砂金标型特征研究表明，砂金源主体以近源补给为主，伴随有侧向补给，指示有可能发现的矿床是岩浆热液型及火山－次火山热液型金矿，它是该区寻找大型－特大型原生金矿床的重要类型。

关键词　砂金　标型特征　寻找　原生金矿　指示意义

班公湖－怒江成矿带中段砂金群采历史悠久，平均海拔为4500～5000m，地貌位置为南关羌塘山原湖盆的措勒－班戈山原湖盆亚区，该区分布着众多的砂金矿床，如崩纳藏布、那郎沟、唐踏、安多、马尔曲、朵康巴等（图1），近年来砂金找矿工作已取得重要实破。砂金矿的前景是乐观的[1]，但是原生金矿尚没有重大发现，如何利用砂金矿来追寻原生金矿一直是该区重要的研究课题，砂金往往对原生金矿具有一定的“继承性”，我们可以从砂金标型特征上发现它对原生矿的“继承性”特征，进而指示有望找到的矿床类型及可能找到原生金矿的地区。

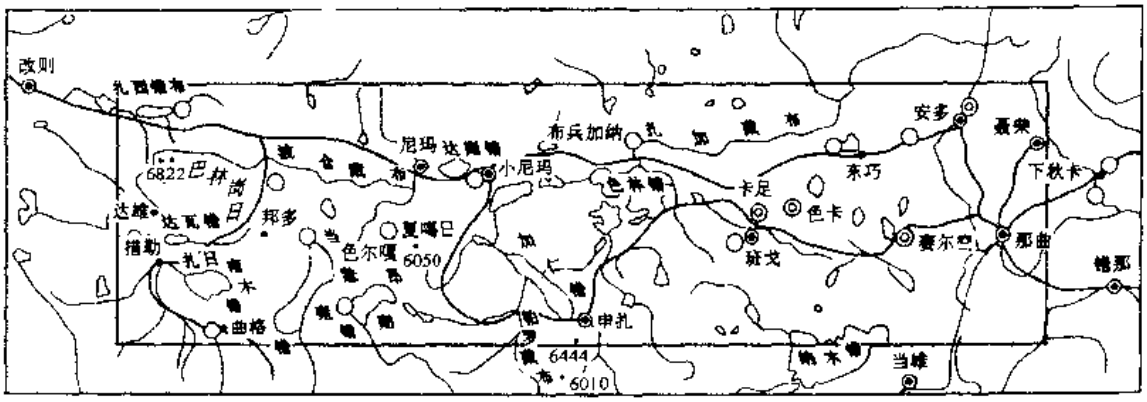


图1　西藏安多班戈文部--带砂金矿点分布图（据赵景增，1991）

1　成矿条件分析

1.1　大地构造单元是控制西藏金矿化分区、分带及矿化类型的重要因素

西藏金矿化空间分布的不均衡性和区域规律性，与大地构造单元密切相关，尤其是与

主要作者简介：卫万顺，男，1964年生，博士，高级工程师，主要从事大地构造及地球化学研究工作。

深大断裂带有着特别明显的依附性，这一点与金质初始来源的深源性的结论相吻合。区域性的深大断裂带亦同时控制着各矿带的展布及成矿特点（图 2）[2]，在该区大多数金矿点均沿班公湖－怒江板块结合带两侧延伸和分布。与东西向断裂（主断裂方向）有关的北西西向断裂以及南北向张性断裂是岩矿的主要场所，此外环形构造及其以它为中心而形成的放射状裂隙，是该区又一个重要的控矿和赋矿构造。

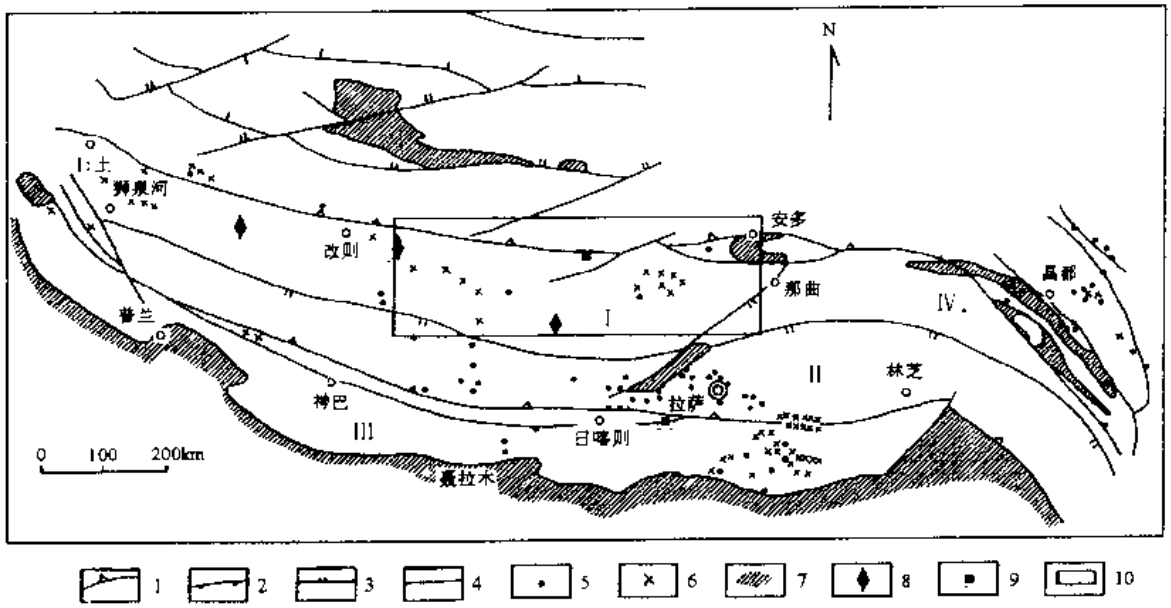


图 2　西藏金矿资源分布图（据冯孝良、杜光树，1999）

1－结合带边界断裂；2－区域性逆冲断裂；3－区域性走滑断裂；4－区域性不明断裂；5－原生金矿（矿化点）；6－砂金矿（化）点；7－老变质基底；8－砂金矿床；9－岩金矿床；10－工作区范围；Ⅰ－藏北成矿区；Ⅱ－冈底斯成矿区；Ⅲ－藏南成矿区；Ⅳ－藏东成矿区

1.2　岩浆活动是控制本区金矿化的又一重要因素

（1）与白垩纪闭合前沿板块结合带形成的一部分与超基性岩有关的金矿化及伴生金；

（2）与中酸性岩浆活动有关的金矿化及含金多金属矿化，成型砂金矿床往往在其内外接触带出现。如崩纳藏布、那郎沟等砂金矿床。崩纳藏布砂金矿与喜山期中酸性岩浆岩的关系见图 3。总体表现为三个独立的花岗岩体，呈岩株、岩脉产出，相带不明显，与围岩呈侵入或断层接触关系，局部地段尚发育有灰白色花岗伟晶岩脉和二长花岗岩脉等，为中深成相的产物[3,4]。

1.3　地矿源层控矿的成因机制复杂

矿源层的成因机制复杂，历来争论很多，现在人们普遍认识到，某一套地层中含金丰度的高低只能作为判别其是否属矿源层的基本条件之一，而不能作为惟一判别标准，更重要的是要综合分析该套地层是否具备有利于金的活化、富集（或分散）的物化条件。在物化条件十分有利的情况下，即使地层中含金丰度很低，亦可能成为重要的矿源层（如秦岭

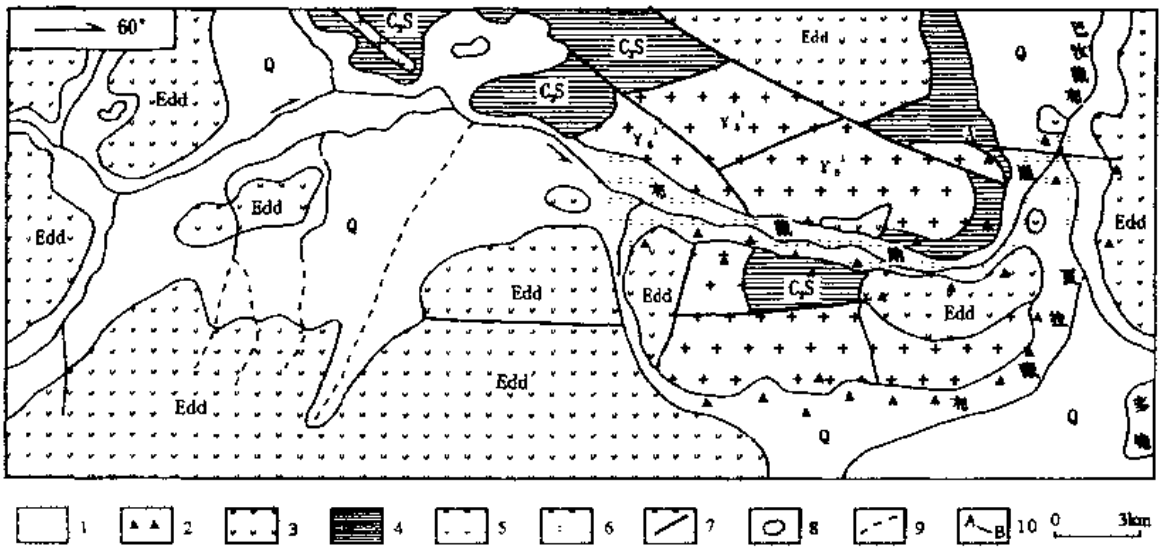


图 3　崩纳藏布砂金矿地质构造示意图(据西藏第五地质大队资料编制)

1　第四系;2－冰碛及冰川漂砾;3－老第三纪达多群(Edd)中酸性火山岩;4－中石炭统斯所组(C2S)板岩;5－喜山斯(γ51)花岗岩;6－矿体;7－断层;8－冰蚀湖;9－河流及流向;10－剖面位置

太华群)。基于以上认识和综合分析西藏金矿化分布、聚集趋势和组构特点,可以看出西藏金矿化层控性也十分明显,且推测以下时代的地层为西藏金矿化的重要矿源层和成矿层位[4]。

冈底斯成矿区及藏北部分地区的木嘎岗日群(J_{1-2})、拉贡塘组(J_{2-3})和达多群(E_{1-2})是西藏重要的矿源层。首先,木嘎岗日群、拉贡塘组等大都为一套浊流复理石沉积,且普遍遭受了区域变质作用和热变质作用,这些地层作为赋矿地层或作为矿点围岩在藏北成矿区比较常见。如商旭矿床、屋素拉金矿点、罗布日俄么、曲翁嘎日东拉等金矿点与浅变质的木嘎岗日群地层有密切关系。

其次,达多群火山岩在冈底斯成矿区广泛分布,已知的许多金(银)矿点或含金(银)多金属矿点即赋存于达多群地层内或将其作为赋矿围岩。

1.4　第三纪以来高原的强烈隆升和第四纪地质作用对本区砂金矿的形成、规模和成矿作用具有重要控制作用

由于第三纪以来高原的强烈隆升和第四纪地质作用,造就了本区独特的地形地貌环境和河流水系分布的差异,由此决定了不同成矿区砂金成矿作用的类型和矿化规模的区别。在本成矿区,由于具有丰富的金源、适度的水动力条件和保存环境,具有形成大型－特大型砂金矿的充分必要条件。现在已知的具有一定规模的砂金矿床均分布于此。其它成矿区,砂金形成的水动力条件及赋存条件都不如本区,形成砂金矿的规模和埋藏条件都不大理想,大多仅形成规模小或埋藏深的砂金矿。因此,地貌环境及水动力条件等因素对该区的砂金矿的形成具有较强的制约作用[2]、[3]、[4]。

2 砂金标型特征

砂金标型特征包括粒度特征、形态特征、成色特征及伴生矿物组合特征

2.1 砂金粒度特征

砂金粒径首先取决于原生金的粒径，就是说砂金粒径对原生金粒径具有明显"继承性"的特点。而原生金粒的大小则主要取决于矿床成因类型及成矿作用的深度，吴尚全(1997)通过对30个岩金矿床中自然金粒度测试，认为粒度变化具有如下特征[5]：

(1)浅成低温热液金矿自然金的粒度大于高温岩浆热液矿床，其中尤以卡林型金矿的粒径最为细小；

(2)矿床上部的金粒大，矿床深部的金粒细小(如吉林类皮沟，小西南岔)；

(3)成矿早期的金粒较小，晚期金粒较大；

(4)从矿石类型而言，石英脉型、石英－硫化物型、含金砾岩型矿石的金粒较粗，铜－铁硫化物矿石金粒较细，铜－铁及金－砷硫化物矿石则以微粒－次显微金为主；

(5)从不同矿物载体而言，石英中金粒度较粗，硫化矿石中金粒较细，后者粒度又从黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒矿的顺序递减；

(6)矿石中裂隙金较大，粒间金中等，包裹金则细小。

本区砂金粒度见表1。从表1可知，该区砂金粒度以巨粒金和粗粒金为主，造成砂金粒度较大的原因为：

(1)砂金粒径对原生金粒径的继承性：即原生金粒径本身就大，造成砂金粒度也大，如果这种因素占主导作用的话，意味着原生金矿可能是浅成热液型金矿床，且位于原生金矿上部，属于贫硫化物矿石，以裂隙金为主。

表1 砂金各粒级含量统计表

矿区	粒度/mm					
	>1	1~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	<0.1	合计
崩纳藏布	4.92	26.55	61.46	6.98	0.10	100
朵康巴	11.9	56.60	30.90	0.60	0	100
木松藏布	42.06%~84.90%			15%~25%		100
安多	少量>1mm；1~0.5mm其次；以0.2~0.5mm为主					100
马尔曲	极少			0.1~0.5 mm为主		100
巴汝藏布				粒度小于0.5mm居多		100

(2)砂金粒径的后生变化特征，由于本区多为冲洪积型，在洪水期巨大水流的冲刷能力将砂金中的微小金粒搬走，而粗粒金、巨粒金仍可停留在原处，从而使砂金的粒径相对增大。

(3)砂金粒径与砂金成色的关系。一般情况从河谷上游至下游、砂金的粒度由粗变细、金的成色由低到高，这是由于下游砂金遭受化学风化时间较长、银被淋滤较多所致，但在本区却出现相反的现象，如崩纳藏布砂金矿，上游成色高，下游成色略低，规律性不太明

显，分析其原因，砂金成色主要与金粒的大小、形状和物源关系密切：即当砂金粒度较大和金粒呈粒状、板状以及物源较近时成色较低；当粒度较小和砂金呈片状及远离物源时，成色相对较高，该区砂金的分布具有上游部位中、细粒金和片状金的比例高于下游地段，而且推测后者有侧向近源补给等特点，故出现上游砂金成色略高于下游的趋势。

(4)化学增生对砂金粒度变化的影响，许多学者十分强调化学增生作用对金粒大小变化的影响，我们不能赞同这种观点，或者说在该区化学增生对砂金粒径的影响是微乎其微的。

2.2 砂金的形态特征

该区砂金形态特征见表 2。从表 2 中可以看出：

(1)砂金形态总体上以粒状为主，其次是板状。

(2)砂金形态以粒状、板状为主时，砂金矿规模较大。如崩纳藏布，朵康巴等，而以片状、粒状为主的砂金矿规模较小。

(3)在本区西部以粒状、板状为主，越向东部片状金越多，这说明本区西部砂金主体为近源补给而东部物源相对西部而言有渐远的趋势。

表 2 砂金形态特征统计表

矿区 / 形态 %	崩纳藏布	朵康巴	本松藏布	78 矿点	安多	邦着	马尔曲	巴汝藏布
粒状	29.32	46.10	为主	为主	为主	为主	为主	为主
板状	40.74	37.60	为主	少量	为主	少量	少量	少量
片状	23.68	14.10	其次	少量	少量	少量	为主	为主

2.3 砂金成色特征

(1)表 3 为本区主要砂金矿床(点)砂金成色表，从表 3 可以看出，砂金成色变化较大，变化范围为 708～997，表明其原生金源具有多来源特征。

(2)B.И.西拉耶夫 1987 年将砂金内核与外壳成色的比值称之为溶蚀系数或成熟度指数(表 4)，既然砂金富金边成色高低以及它的宽度与其受风化作用的时间长短有关，那么可以认为金壳结构不明显的砂金聚集区是寻找原生金的有望地段，即砂金与原生金两者空间位置相距不远，反之，则为径过长期搬运，距岩金源较远的砂金。蔡尚波等(1997)[6]指出黑龙江砂金溶蚀系数小于 1.03 者可视作近原生源砂金，1.03～1.10 者为中近原生源砂金，大于 1.10 者为远源砂金，由此可以圈出寻找岩金矿床的有望地段。由此对比可见崩那藏布砂金矿溶蚀系数多大于 1.09，可知其为中近源砂金，伴随有侧向补给。

表 3 砂金成色特征表

矿　区	崩纳藏布	朵康巴	本松藏布	78 矿点	安多	那丁曲岗	马尔曲
平均成色/‰	921	843	906.3	815	918.49	905	757.05
成色变化趋向/‰	800～997	843	851.4～961.2	780～850	894.79～942.18	870～940	708～806.1

表 4　崩纳藏布砂金矿溶蚀系数表

形　态	厚板状		八面体		片　状		粒　状	
部位	边部	内部	边部	内部	边部	内部	边部	内部
Au/%	99.61	86.72	99.38	89.58	99.57	81.65	99.62	91.34
Ag/%	0.34	13.23	0.43	9.97	0.36	18.14	0.31	8.54
Cu/%	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
溶蚀系数/%	1.15		1.11		1.22		1.09	

注：溶蚀系数 $=\frac{Au_{边}}{Au_{核}}\times 100\%$；（据崩纳藏布砂金矿普查报告）。

（3）自然金化学组成—结晶温度图。

将本区砂金样品的 Au、Ag、Cu 含量投在自然金化学组成－结晶温度图上（图 4），可看出大部分样品均落在 300℃ 的范围内，考虑到此区已知原生金矿床点的产出特征，认为该区砂金原生金源多为中低温热液型金矿床。

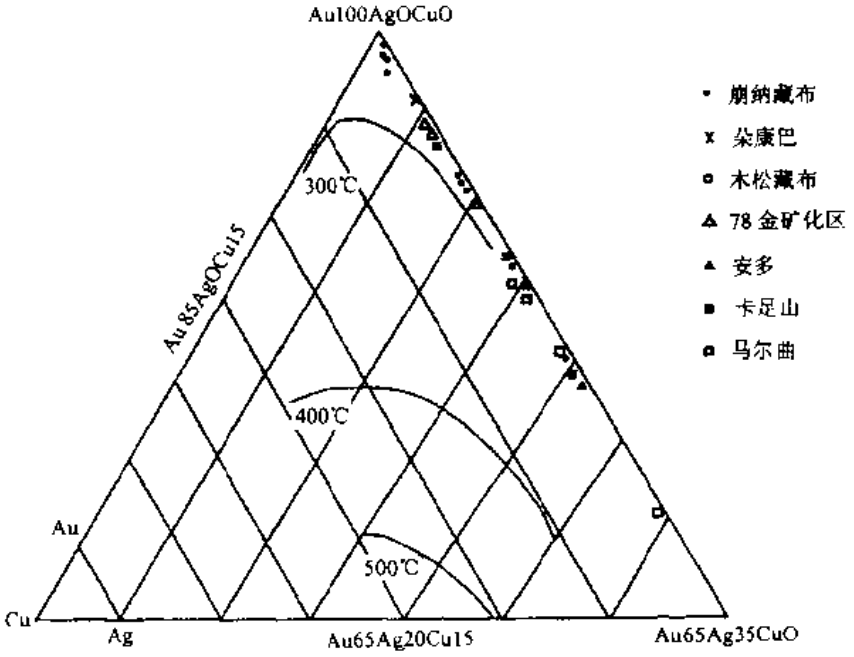


图 4　自然金化学组成－结晶温度图

2.4　伴生矿物共生组合特征

我们将主要砂金矿床点伴生矿物发育程度列表 5、表 6，从表 5、表 6 中可以看出：

（1）从伴生矿物组合与矿床类型关系来看，伴生矿物多为与岩浆活动有关的矿物及副矿物；砂金矿床规模越大，伴生矿物种类越多，但伴生矿物发育程度却都低，如崩纳藏布砂金矿。同时还表现出，在该成矿带东部区伴生矿物组合复杂且发育程度高，而西部相对简单和发育弱，表明西部砂金搬运更近 东部搬运相对较远。东部原生源较多，三种矿床类型都有可能出现，西部则以接触交代、变质热液类型为主。

（2）从砂金伴生矿物稳定性来看，发育的伴生矿物以极稳定和稳定矿物为主，表明总

体搬运较近，属近源补给，相比而言，东部的达查、安多、崩纳藏布不稳定矿物、较稳定矿物逐渐增多，搬运距离相对较远，这可能与本区西部以内流水系为主，东部逐渐变为外流水系有关。

表 5　砂金伴生矿物组合与矿床类型关系表

	岩浆、气成热液						接触交代、变质		与岩浆活动有关及副矿物										黄铁矿
	锡石	自然银	黄铁矿	辰砂	方铅矿	重晶石	石榴石	绿帘石	磁铁矿	钛铁矿	铬铁矿	锆石	辉石	角闪石	金红石	褐铁矿	榍石	赤铁矿	磷灰石	
本松藏布			+			-	+	+	+		-	+	+		-	-		-	+	
达查	+	+		-	+	-	+		+		-					+	+	-		
安多	+	-		-	-	+	+		+	+	-	-	+	+				-		
马尔曲							+		+	+	-	+	+			-	+	-		
崩纳藏布	-		+		+		+	-	-	-	+	+		-	-	-	+	+	+	-
朵康巴							+		+		-									

注：+ + + 很发育，+ + 发育，+ 少量。

表 6　砂金伴生矿物稳定性与其发育程度关系表

	极稳定矿物					稳定矿物						较稳定矿物			不稳定矿物							
	金	锆石	褐铁矿	赤铁矿	金红石	磁铁矿	钛铁矿	榍石	重晶石	铬铁矿	锡石	石榴石	绿帘石	磷灰石	方铅矿	辰砂	自然银	黄铁矿	辉石	角闪石	铂族矿物	黄铁矿
本松藏布	+	-	-	-	+	+	+		-	+		+	-	+					-			-
达查	+		+	+		+		-	-	-	+	+			+	+	+		-	-		
安多	+	-		+		+	+		-	-	-	+			+	+	+		-	-	+	
马尔曲	+	+		+		+	-	+		+		-		-		-			+			
崩纳藏布	-		-	-	+		+	-		-	-	+	+	+	+	+		+		+		
朵康巴	-	-		-		-				+		+										
那郎沟	-																					
唐踏	+																					

注：+ + + 很发育，+ + 发育，+ 少量。

3　对寻找原生金矿的指示意义

(1)砂金粒度以巨粒金和粗粒金为主，尽管造成砂金粒度大的原因有可能很多，但总体表明砂金源为近源补给为主，且原生金矿中的金粒度相对较大。

(2)砂金形态以粒状为主,其次是板状,说明其来源较近,并且砂金形态以粒状、板状为主时砂金矿床规模较大,如崩纳藏布、朵康巴等。反映原生金矿床的规模也应该较大。

(3)砂金成色变化较大,变化范围为708～997,表明其原生金来源具多来源特征。

(4)自然金化学成分研究表明,原生金矿床多为中低温热液金矿床。

(5)伴生矿物组合特征表明该区砂金总体搬运较近,属近源补给,在东部伴生矿物组合复杂且发育程度高,表明其原生源较多,三种矿床类型(中低温热液型、接触交代、变质热液型,与岩浆活动有关的矿床)都有可能出现,西部伴生矿物组合相对简单,且以接触交代、变质热液类型矿床为主。

(6)通过对砂金富集区路线地质调查,发现各种蚀变岩石普遍含金,品位为0.0n～0.ng/t,最高为ng/t,并且有许多斑岩脉含金,如二长斑岩、正长斑岩、花岗斑岩,品位最高为0.54～1.52g/t,说明火山－次火山热液活动对金矿成矿有明显的控制作用,必须引起足够的重视。

总之,本区砂金具有近源特点伴随有侧向补给,砂金标型特征可以指示原生金的类型、规模及大致位置,我们认为砂金标型特征指示有可能发现的矿床是岩浆热液型及火山－次火山岩热液型金矿,它是该区寻找大型－特大型原生金矿床的重要类型。据此我们可以缩小岩金找矿范围和找矿周期,早日实现岩金找矿突破。

参考文献

[1]赵景增,藏北砂金找矿工作初探,西藏地质,1991(1):86～90。

[2]冯孝良,杜光树,西藏金矿资源分布规律、矿化类型及找矿方向,特提斯地质,1999(23):32～37。

[3]韩园林,范开强,李永森等,藏北崩纳藏布大冰盖冰碛型砂金矿的发现及其意义,西藏地质,1994(2):192～199。

[4]杜光树,冯孝良,陈福忠等,西藏金矿地质,成都:西南交通大学出版社,1993。

[5]吴尚全,李秀梅,蔡尚波等,黑龙江省砂金的粒度及形态特征,黄金地质,1997(1):1～9。

[6]蔡尚波,吴尚全,王春宏等,黑龙江省砂金的成色特征,黄金地质,1997(2):1～6。

西藏班公湖－怒江成矿带中段水系沉积物异常特征及对金矿找矿的意义初探

潘爱军　路彦明　范俊杰

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　本文依据班公湖－怒江成矿带1:50万水系沉积物测量结果，结合区域地质构造特征，着重阐述水系沉积物的地球化学异常特征。根据其地理位置、构造及岩浆岩的分布特点，对照水系沉积物的分布规律，对金矿找矿远景区进行初步探讨。

关键词　班公湖－怒江成矿带　水系沉积物　地球化学　金异常

班公湖－怒江成矿带位于西藏中北部，包括那曲地区、申扎地区和阿里地区大部。地理坐标为85°30′～92°00′，区内气候恶劣，属高原大陆性气候。年平均气温为－10℃，冰冻期长达7个月以上。

测区以念青唐古拉山脉北缘及怒江上游山区为界分为南北两部分。北部属高原低山丘陵地貌。海拔一般在4500～5500m左右，相对高差一般在200～500m。山势低缓，山间为开阔的谷地，湖泊、沼泽广布其间。湖泊多为微咸水湖。水系比较发育，河水主要由大气降水和冰雪融水补给，受季节控制明显。河水均注入湖泊，属高原内陆水系。南部属高寒地区，海拔一般为5500～6000m，最高达7162m。雪线以上发育现代山岳冰川。地形切割强烈，河谷多呈"V"字形，水系发育，河水以大气降水和冰雪融水为主，河水多汇入大江大河，属外流水系。

1　区域地质及化探特征概况

1.1　区域地质概况

测区地层出露较全，总体展布方向为近东西向，前震旦系主要出露在北部，在中部位错一带也有零星出露。古生界主要分布在南部，中生界较发育，主要分布在北部，零星出露于南部。第三系为一套陆相红色碎屑岩、火山建造岩，主要分布在西南部。第四系主要发育在谷地和河湖盆地中，以粘土、亚粘土、砂砾石为主。

班公湖－怒江成矿带是青藏高原羌塘－唐古拉板块与冈底斯－念青唐古拉板块的缝合带。由韧性推覆剪切带、逆冲断裂带、断陷盆地构造带和推覆构造以及蛇绿岩、蛇绿混杂岩、古生代变质岩和燕山期花岗岩侵入体等组合而成，是复杂的断裂系统。褶皱构造多为对称型覆式褶皱或倒转倾斜覆式褶皱，轴向多为近东西向，与断裂构造平行或近似平行展布，反映了测区主应力方向为南北向。断裂构造主要有永株－桑巴、班戈－桑巴、加仁

主要作者简介：潘爱军，男，1977年生，助理工程师，学士，主要从事地球化学方面的工作。

错、冈底斯北坡、当雄－羊八井、桑雄－古玉等断裂带(如图1)。

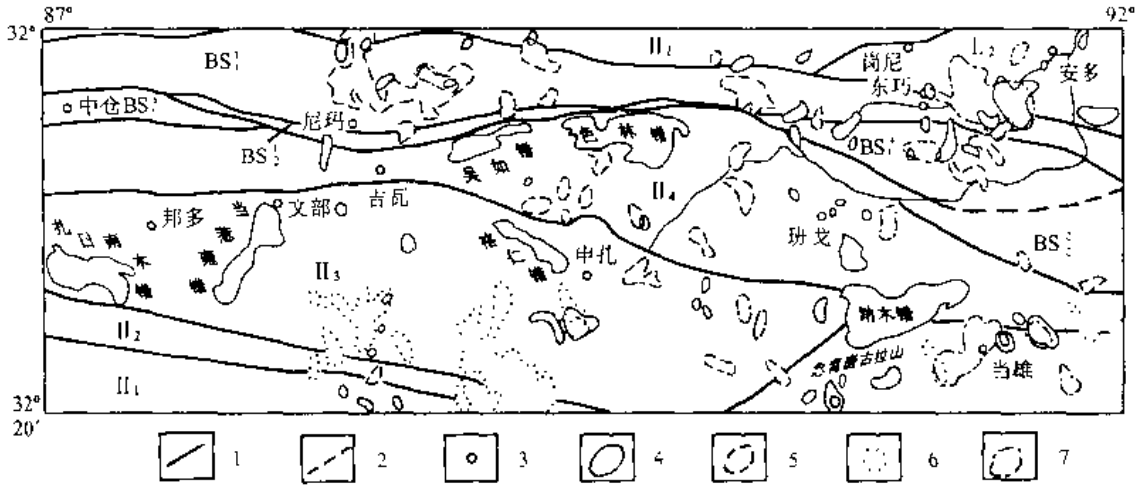


图1　西藏班公湖－怒江成矿带构造－化探异常图

1 大断裂带;2.性质不明及推测断层;3.地名;4.Au异常;5.Hg异常;6.Ag异常;7 Cu异常

Ⅱ$_1$ 冈底斯陆源火山岩岩弧;Ⅱ$_2$ 念青唐古拉弧背断隆;Ⅱ$_3$ 措勤纳木错初始;Ⅱ$_4$ 班戈－倾多拉退化弧;

BS^1 木嘎岗日地体;BS$^1_1$ 蓬错内岛弧地体;BS$^1_5$ 木昂龙岗日逆推地体;BS$^2_1$ 巫嘎地体;BS$^2_2$ 比如地体;

1.2　区域地球化学概况

根据测区中不同自然景观所形成的地球化学特征,将测区的金元素划分为四个大区进行研究(如图2)。

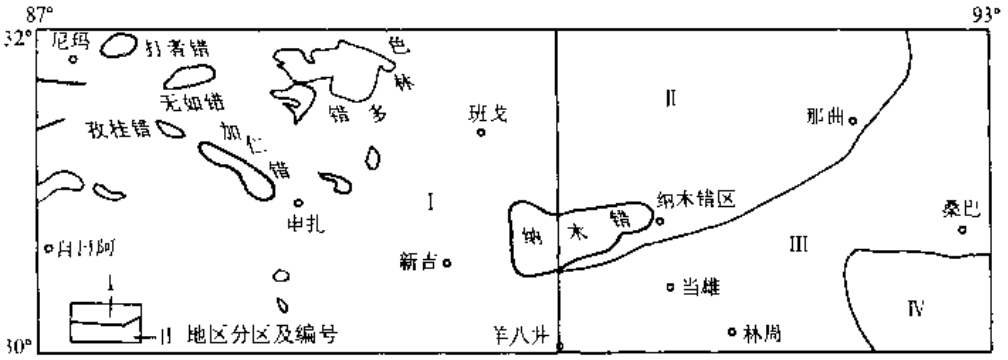


图2　金元素地球化学分区示意图

在各区内分别抽取不少于250个的金元素分析数据,剔除大于($\bar{x}$+3S)的高值点后进行计算,得到异常下限计算值($\bar{X}$+2S),一般选择大于计算值的等量线作为异常的下限值

从表1中可以看出,各区金异常的下限值与区背景值是正相关的,第Ⅳ区的异常下限值是最高的,其背景值也是最高的,分别为4×10^{-9}和2.4×10^{-9}。

表 1　金元素分区异常下限值　　单位：10^{-9}

地球化学分区	Ⅰ区	Ⅱ区	Ⅲ区	Ⅳ区
各区背景值	0.77	1.02	1.07	2.4
各区异常下限值	1.5	2.4	3	4

2　水系沉积物异常特征

在测区内统计了 Au、Ag、Cu 及 Hg 四种元素的浓度数值，将高于区域异常值的点圈出来，标记在地质图上，并将金异常点编号，算出其异常面积、异常平均值，并将与其它元素有套合特征的点统计出来列表，如表 2。

3　水系沉积物空间分布特征

3.1　构造上的分布特征

水系沉积物异常点在工作区分布较广泛。主要沿东西向几条大的断裂带或其旁侧成带状或串珠状分布，而且在大断裂带上或其旁侧，Hg 元素异常数值高，异常面积大，可推断 Au 元素与低温热液成因的多金属异常关系密切。每个地球化学分区内水系沉积物异常组合特征各有不同。金元素的组合特征在Ⅰ区为 Au－Hg－Cu 组合。在Ⅱ区为 Au－Ag 组合，在Ⅲ区为 Au－Ag－Cu 组合。这些水系沉积物异常组合大多分布在断裂构造带上或其旁侧。水系沉积物有规律的分布特征在一定程度上反映了断裂构造对元素迁移和富集成矿的控制作用。相反，元素的异常组合特征也可以作为断裂构造活动踪迹的指示元素之一。从某种意义上讲，水系沉积物异常是地质构造存在的重要依据。

3.2　岩体中水系沉积物特征

通过对图 2 中水系沉积物异常点与各类岩体比较发现，水系沉积物异常多沿岩浆岩带分布。异常有明显沿花岗岩体边界分布的趋势，而且中心部位呈现低背景值含量。

从表 2 中可以看出，岩体中金元素的背景平均值同地层中金背景平均值一样，显示那曲地区明显高于申扎地区的特点。这些特点表明那曲地区成金物质基础较申扎地区好。且由于两地区地质构造上的差异，而导致了金的迁移、富集成矿带上的不同。

从表上可看出，异常最高值在申扎 18 号点，数值为 13.7×10^{-9}。异常规模一般是第Ⅲ区比其它 3 个区大而密集，异常面积最大达 $143km^2$(32 号点)，尤其在当雄地区，不仅是金元素，其它 3 种元素也比较浓集。由此可推断，当雄地区是一个较好的找金前景区。

4　对找矿的意义

通过区域地质与水系沉积物异常及分布的对比可发现：

表 2　水系沉积物异常强度特征　　单位：10^{-9}

金异常	异常面积				异常下限				异常最高值	异常平均值
编号	Au	Ag	Cu	Hg	Au	Ag	Cu	Hg	Au	Au
1	14		26		1.5		25		1.7	1.6
2	16			130	1.5			50	2	1.75
3	29			130	1.5			50	1.9	1.7
4	25		91	130	1.5		25	50	1.8	1.65
5	9			65	1.5			50	2	1.75
6	11		20		1.5		25		10.5	6
7	15		52		1.5		25		3.5	2.5
8	26			17	1.5			50	2	1.75
9	10			76	1.5			50	1.7	1.6
10	18		53		1.5		25		2.7	1.6
11	13		53		1.5		25		2	1.75
12	13		53		1.5		25		1.2	1.85
13	11		9		1.5		25		2	1.75
14	5		37		1.5		25		1.8	1.65
15	37				1.5				4.5	3
16	7	65			1.5	0.09			2.3	1.9
17	7	19			1.5	0.09			1.6	1.55
18	113				1.5				13.7	7.6
19	126	39	35		1.5	0.09	20		3.8	2.65
20	4	65			2.5	0.09			2	22.25
21	14			15	2.5			13	3.9	3.2
22	43			6	2.5			13	9	5.75
23	7			15	2.5			13	7.4	4.95
24	76	75			2.5	0.067			5.5	3.85
25	57		27.5		2.5		10.7		8.7	5.6
26	24			7	2.5			13	4.1	3.3
27	42		74		2.5		10.7		3.5	3
28	6		570		3		10.7		4.3	3.65
29	13		500		3		10.7		3.1	3.05
30	41	21	500		3	0.072	10.7		4.8	3.9
31	18	192			3	0.072			4.1	3.55
32	143		82		3		10.7		7	5

金异常和金矿化点的空间分布与构造、岩体的关系非常密切。根据区内的地质背景、金异常及矿化点的分布特征，区内可推断两个找矿前景区作为今后工作的找矿靶区。

4.1　南部与构造及岩体有关的原生金远景区

从图 2 中可以看出，冈底斯北坡断裂带以南及当雄－羊八井断裂带与桑雄－古玉断裂带交截的东南部。尤其是当雄至桑巴地带，Au 与 Ag、Cu、Hg 元素组合关系较好，为典型的热液型金矿的指示元素组合。在此地带金异常密集，强度高，元素组合关系好，而且正处在当雄－羊八井断裂带与桑巴－古玉断裂带及班戈－桑巴断裂带的交汇区。岩浆活动强烈，褶皱次生断裂发育。矿体主要赋存在挤压破碎带中，属破碎带蚀变型金矿床特

征。因此推测该地带是寻找原生金矿最有前景的地区。

4.2 冈底斯北坡断裂带以北的内陆湖区的砂金矿的远景区

测区属藏北高寒地区，气候干燥，昼夜温差大，以物理风化为主。因此区内剥蚀、风化解离作用是一致的。东部地区为外流水系，以流速大、流程长、汇入江河为特点，不利于砂金的沉积富集。而西部地区总体呈现平缓开阔、丘谷相间波状起伏的地貌景观。水系为向心内流水系，以流速缓、流程短、向心河流注入盆地和湖泊为特点，在较大河流的主要支流的沟口地带和主流的多弯地段，对砂金的富集成矿极为有利。申扎县的砂金矿床都是在河流急转弯凸侧找到的。

综上所述，西北部内陆湖区是本区寻找砂金矿的重要靶区。其次，砂金矿的形成必须有其物质基础，即原生金矿源的存在。所以，在寻找砂金矿的同时，要注意进行原生金矿的找矿工作。

5 结语

水系沉积物异常在空间上明显受构造控制，南部金异常面积大，异常值高，又因金背景值含量明显高于北部，尤其是东南部当雄－桑巴一带。北部水系发育，所以是砂金主要形成区。寻找砂金矿的重点应放在北部，尤其是西北部大型水系的汇水口处。

参考文献

李金高，关于西藏金矿成矿问题的几点新认识，西藏地质，1997 年，第 1 期。
赵咸明，西藏申扎－那曲地区金地球化学特征及其找矿意义，西藏地质，1994 年，第 12 期。
周光富，班公湖－怒江断裂带东段的构造特征，西藏地质，1996 年，第 2 期。

西藏班公湖－怒江成矿带中段遥感方法应用及其效果

韩先菊　吴顺发

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　本文以西藏班公湖－怒江成矿带中段为例，开展了TM遥感图像合成，图像构造解译方法以及蚀变信息提取等方面的实验和研究工作，建立了一套适合高寒地区的遥感地质应用方面的工作方法。

关键词　遥感　构造解译　蚀变信息提取　金矿　西藏

我国西部高寒地区，地广人稀，金矿成矿条件好，但地质工作程度低，可利用的其他找矿信息少，遥感已成为该地区有效、经济而实用的工作手段。但由于遥感信息获取一方面受自然地理、气候等客观因素的影响，另一方面受处理方法（包括图像处理和解译方法）及人们的认知水平等主观因素的影响。在新区、尤其在特殊景观地区，如何获取最有效的遥感找矿信息，是一个值得探索的问题。本文以西藏班公湖－怒江成矿带中段为例，就上述问题进行了一些有益探索，为在相似地区开展遥感工作积累了一定的资料和工作经验。

1　工作区基本概况

1.1　自然地理概况

研究区位于西藏中北部的高原区，包括那曲地区的西部和阿里地区的东缘区。本区属于高原大陆性气候，年均气温为－10℃，冰冻期长达7个月。降雨主要集中于夏季，年降水量在246～400mm间。区内以高原丘陵地貌为主，海拔高程在4500～5500m间，比高一般在200～500m范围内变化，山势低缓，湖沼广布，中新生代火山堆积，近代湖泊沉积和高原丘陵残坡积，以及近代冰川堆积都较发育。在高寒半干旱气候条件下，形成了以针茅与苔草为主的高寒草原（甸）景观。其中的残坡积层，高寒草甸及部分地段的冰雪覆盖等是本区影响遥感解译的重要因素。

1.2　区域地质概况

研究区处于班公湖－怒江缝合带的中段上及其南侧，南界为纳木错EW向构造带。这一范围由北而南已确认的逆冲带有4～5条之多，包括了退化弧，火山－岩浆弧和弧间盆地等大地构造单元。

区内地层出露比较齐全，除寒武系和三叠系未见出露外，余者均较发育。前震旦系

主要作者简介：韩先菊，女，1969年生，工程师，主要从事遥感图像处理工作。

(AnZnn)念青唐古拉群及前上叠系(AnPam)阿木岗群岩性为各种中深变质的片麻岩、片岩及大理岩和石英岩,常见角砾岩和碎屑岩,其中基性岩墙(床)发育。古生界岩性主要为碳酸盐岩、碎屑岩建造。中生界地层分布广泛,岩性为各类碎屑岩夹凝灰岩和凝灰角砾岩;新生界第三系岩性为中酸性火山熔岩及碎屑岩。第四系冰川沉积较广泛。

区内断裂构造十分发育,主要有 EW 向、SN 向、NE 向和 NW 向四组,其中 EW 向最为发育且规模大,切割深。沿 EW 向构造带基性－超基性岩体非常发育,是藏北基性－超基性岩区的重要组成部分。此外,沿各方位主要构造带还发育中－酸性侵入岩带(区)及火山盆地。

2 TM 基础图像合成方法

经对 TM 的 CCT 数据分析,试验了多种彩色增强方案,优选的彩色增强方案为 TM7、3、1－R、G、B,经方位调整,数字镶嵌等基础性处理后,形成 1∶50 万、1∶25 万、1∶10 万系列比例尺的 TM 彩色增强图像,供区域构造解译工作使用。合成的彩色图像质量较好,色彩鲜明,层次丰富,地物轮廓清晰。需要注意的是,涉及多幅 TM 数据合成时,尽量选择景幅的时相差较小的图幅,以免影响无边界镶嵌的效果。

3 构造解译方法及解译标志

3.1 解译方法

解译工作以 1∶25 万和 1∶50 万 TM 彩色增强图像为主,同时参考了 TM 各种信息增强与提取处理的成果图像,还参考了 MSS 1∶50 万彩色增强图集第三册的相关图像,对全区进行了线－环构造解译,并将已知的金矿化信息空间就位于 1∶50 万线－环构造解译成果图上,进行综合分析,进而优选出金矿找矿有利地段,再利用 1∶10 万 TM 彩色增强图像作进一步解译,其解译结果为野外现场勘查提供了基础性资料。

3.2 解译标志

解译区地势高,物理风化作用强,岩石破碎严重,故残坡积很发育,其上常形成高寒草甸,它们掩盖了较多的构造信息;TM 探测的最佳时相的选择较困难,夏季天空云量较多,冬季冰雪复盖范围又较大,冰雪和云的复盖区基本没有地质信息显示。由于上述因素的影响,本区属于难解译区。解译中对线－环构造的确认主要依据地貌景观特征、地质背景和水系分析来确定,可见本区是以间接标志起主导作用。对解译有意义的标志主要有以下几种:

(1)线性构造的解译标志。

线性构造的解译标志主要为:垅岗地貌;基性－超基性岩体的线性分布;地质体的扭曲和错移;明显的色调界面线状延伸,深色调一侧常为断裂构造的上盘区,是地下水活动的结果,可判断断面的倾斜方向;湖泊的雁行排列,反映有扭性构造的存在,并可大体判断其扭移状况;追踪型水系;湖泊的线性排布;不同汇水域的水系线性排布;对向水系;肘拐

水系;水系分流点或汇流点的线性排布;水系展宽点或变窄点的线性排布;冲、洪积扇的线性排布。

(2)环形构造的解译标志。

环形构造在遥感图像上的反映形式有多种类型:①完全由水系构成的环;②由水系和山脊共同组成的环;③以山脊线为主体而构成的环;④完全由色调异常构成的环。

3.3 遥感构造解译效果分析

根据西藏班公湖－怒江成矿带中段 TM 遥感基础图像及建立的构造解译标志,提取、分析了研究区内线性构造和环性构造的基本特征及其控矿规律,在此基础上进行金矿区域成矿预测,预测各类成矿远景区 18 处,取得了较好的效果①。

4 蚀变信息提取及其效果

4.1 蚀变信息提取方法探讨

在进行本区的蚀变信息提取时,我们选取了多种方法,如 K－L 变换、增强处理等都未得到较好的效果,最后利用比值方法得到了满意的结果。

比值分析是地质数据处理中常用的方法,遥感图像处理用比值消除光强的影响,突出地物之间的波谱差异。它的主要应用有:

(1)消除和压制乘积型噪声(如地形等干扰因素的影响)。

由于地形的影响,遥感多波段图像在阴坡和阳坡的亮度显著不同,致使同一种地物在图像上色调差别很大。由于地形的影响对每个波段都基本相同,因此,两个波段的比值可以压制地形变化所造成的亮度差异,从而突出了地物反射、辐射的变化特征。

(2)增强地物间的特性差异。

遥感图像不同波段之间的比值反映了地物波谱曲线变化的斜率,从而增强了地物波谱特征的微小差别,尤其当两种地物的波谱曲线呈反方向变化时,增强效果特别明显。比如依据含羟基蚀变岩在 TM 波谱范围内的共同波谱特征,利用 TM5/TM7 便能突出含羟基类蚀变岩;依据褐铁矿化蚀变岩的波谱特征,利用 TM3/X(X 为 TM1 或 TM2 或 TM4)便能突出褐铁矿化蚀变岩。

但是比值图像在增强地物特性变化斜率的同时,损失了强度信息,如遥感图像的比值丢失了地物总反射率强度的信息,所以我们选取比值图像和原参量图像作彩色合成。结合本区干扰因素较多的特点,我们在选取比值时减去一个干扰因子 TM1,再将原参量 TM7 和比值图像进行假彩色合成,选取:

TM7(R)、TM(5－1)/TM(7－1)(G)、TM(3－1)/TM(4－1)(B)

在此图像上,淡黄色和淡绿色便是蚀变岩比较发育的地段。

(3)提取特征异常信息。

不同遥感波段的比值增强了不同地物的波谱特征,因此一些特定的波段比值可表示

① 西藏班公湖－怒江成矿带中段遥感构造特征与金矿预测,吴顺发、路彦明、韩先菊,2001。

特定的物理意义，成为从遥感图像上识别某些地物的有效指示标志，如 TM3/TM1 可识别褐铁矿化，在图像上呈亮色调。在该区，我们在 TM3/TM1 图像上再进行密度分割，将灰度值为 130～139 赋值为蓝色，将 140～145 赋为绿色，146～149 为红色，绿色和红色集中的地方便是蚀变较强的区域。

4.2 效果讨论

经过上述方法处理，提取出多处蚀变信息区，通过地质分析，蚀变信息区和已知的中酸性岩体及深大断裂有较好的对应性，和利用遥感构造预测的远景区能够互相验证，从另一个角度提取出金矿区域成矿预测指标，效果明显。

参考文献

王润生等著，地质勘查图像分析与综合，北京：地质出版社，1992。

王祖洪、郭先菊、刘荫春等，利用 TM 数据进行金矿化蚀变信息提取方法探讨，黄金地质，1996，第 3 期。

中国科学院地理所编制，中国陆地卫星假彩色影像 1:50 万图集（第三册），北京：科学出版社，1983。

遥感技术在北山地区金矿找矿中的应用

刘荫椿

(武警黄金地质研究所,河北 廊坊,065000)

摘 要 对北山地区进行了全区遥感TM解译,对其中马庄山矿区外围进行了航空遥感解译;重点是线、环形构造解译,其次是与金矿关系较为密切的岩体信息,丰富了本区构造和岩体信息内容,并分析了金矿与线、环形构造和岩体的关系,初步指出本区找矿有望区。

关键词 遥感 金矿 北山

本次遥感工作分为航天TM数据图像处理与解译和航空彩红外航片解译,TM图像解译区为东经94°30′～97°30′,北纬41°15′～42°20′,面积约35000km^2。航空像片解译区为马庄山矿区外围,面积约1500km^2。

1 TM遥感数据图像处理与解译

北山地区岩石裸露程度较高,对遥感TM数据进行合适的处理,可以较好地反映构造、岩性信息,本次通过试验选用TM4、5、7(R、G、B)为基础合成图像,图像层次分明,界线清晰,对构造和岩性内容反映较好。

本次解译依托MAPINFO软件,大型构造首先在影像图上进行目视解译,而后转入MAPINFO软件中;而小型构造则在MAPINFO软件界面直接在计算机上解译,虽然基础图像比例尺为1:20万,由于在计算机上可随意放大,解译精度主体在1:10万以上。解译过程中分别建立了基础遥感图像层,经地形配准后的经纬网层,已知金矿床点层,解译的线、环形构造层,解译的岩性层等。

1.1 线环形构造解译

1.1.1 解译标志的建立

线性构造的解译标志:①区内凡有一定规模的线性构造,色调界面标志清楚且较稳定。若有水系发育,在通过构造的区段往往有积水斑点;②地质体(地层)有拖、错现象;③较大的中酸性侵入岩体中的网状、栅状影纹;④线状排布的中酸性小岩体如串珠状、长条状等;⑤丰字型沟谷,有时单侧发育束状支谷,不仅反映线性构造的存在,还可推断构造的活动性质;⑥线性排布的冲积扇;⑦追踪型水系。

环形构造的解译标志:①环状水系;②色调环块;③深色调背景中的高糙度环状微地貌并发育放射状构造或水系。

1.1.2 解译线、环形构造特征

作者简介:刘荫椿,男,1964年生,硕士,高级工程师,从事找矿预测和遥感应用研究工作。

从TM遥感图像解译发现(如图1),本区发育程度最高的是近EW－NEE向线性构造,有三条,呈波状弯曲,分别位于北纬约41°20′(南带)、41°40′(中带)、42°00′(北带);另外本区发育有大量的NE向线性构造,是本区发育强度最大的线性构造构造,其与近EW向线性构造复合;其次,本区发育的NW向线性构造,可大致分为四个带。另外本区还发育有近SN向线性构造,可分为三个带;区内的东西向构造带与北东向构造带交汇形成左列菱格状构造,东西向构造与北西向构造交汇形成右列菱格状构造;而北东向和北西向两组构造带交汇,则形成近于正菱格状构造。由于TM图像对沙漠没有穿透能力,沙漠覆盖地段线、环形构造非常少,而岩石出露区则明显多,实际上绝不会是这样,这在以后工作中需要利用新型具有穿透能力的遥感数据来识别解决。

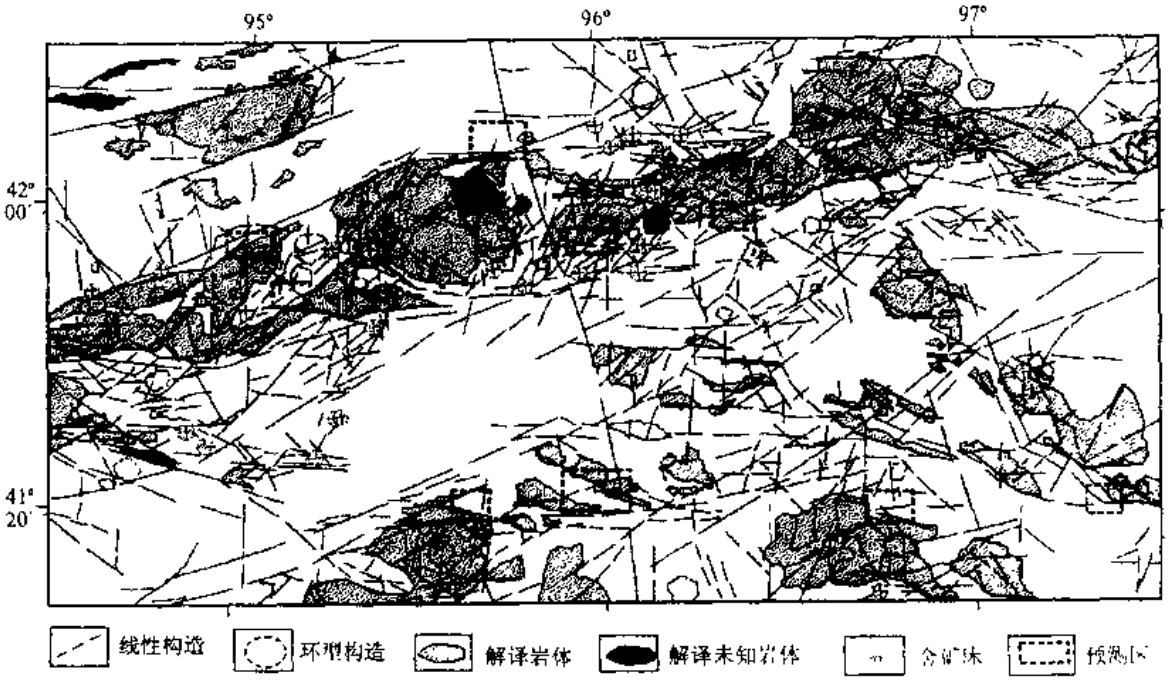


图1　北山地区TM遥感解译综合图

本区环型构造也较发育,环型构造主要产于北带与中带之间,南带南侧则是另一集中区,最大直径可达20km,小的则不足1km,多为单环形态,少数还有火山机构特征。本次还解译出少量褶皱构造。

1.2　岩性特征解译

1.2.1　岩性解译标志的建立

本区由于出露条件较好,试验性地进行了以花岗岩为主的岩性解译工作,主要解译标志有:①依据岩体形态标志,花岗岩类多呈岩基、岩株类型,其平面形态多呈圆形、长椭圆形、多边形等封闭形态及边界圆滑的几何图形;②依据影像色调差异,本区岩体主要色调偏浅,淡肉红、淡亮白色、淡兰绿色;③据微地貌形态差异,主要有地貌切割程度、主山脊形态(酸性岩体多为尖棱状、中性岩体多为浑圆状)、山脊线分岔级数及密度等;④纹理结构、

表面糙度特征，如表面糙度低的光滑结构，还如格栅影纹结构等。

1.2.2 岩性解译特征

依据上述解译标志，解译出岩体20余种。中酸性岩体特征相对较为明显，共解译出约70个，可分出不同时代、不同岩性近20类，通过与1:20万地质图对照，对应关系较好，主要岩性为花岗岩、闪长岩、斜长花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩等，时代上主要有：加里东期、华力西早期、华力西中期、华力西晚期等；有9处解译岩体与1:20万地质图不一致，要么原图上没有，要么在原图上为同一时代，但其影像特征明显不同，这些在解译过程中都加上了注解，待今年野外确定，一些小岩体1:20万地质图没有标注，这次进行了补充

1.3 金矿与线环形构造和中酸性岩体关系

深大断裂对金矿的控制作用：随着找矿与地质科研工作的不断深入，人们发现：①已知特大型、大－中型金矿床无不与深大断裂构造有着密切的空间关系；②各类岩石中以基性、超基性岩金的丰度最高，而它们源于地幔；③金矿床可产于各种围岩中，但矿化主要元素的组合类型非常相似。这些事实说明金矿成矿物质是以深源为主的。因此，沿着深大断裂构造找金是不无道理的。解译区有三条大型近EW－NEE向断裂构造，北带和中带一定范围内是已知金矿床和矿点的重要产出区，最近的距离为1.8km，最远的为12.5km，主要在8～9km之间；南带主要已知金矿床、矿点主体已出图幅，其也应受大型构造控制，明年将进行研究。

构造基本格架对金矿的控制作用：东西向大型深断裂是主要导矿构造，它们都具有规模大、多期活动和断裂带内蚀变岩与岩脉十分发育的特点，影像上显示出明显的地貌和色调异常；大断裂旁侧的次级断裂构造是主要容矿构造；具体容矿部位是：左右列菱格的锐角区，正菱格的东西两侧是引张区，多为各种矿化信息和脉岩的发育部位，有利于矿液的运移与沉淀，是金矿找矿的有利地段。

金矿化有利的围岩是各种火山岩及晚期中酸性岩体。当断裂构造与有利的围岩交切时，金矿化尤为明显。

火山机构对金矿的控制作用：古火山机构应作为寻找火山晚期热液型矿床的基本前提，因为在火山口形成过程中，必然出现与之配套的由环形断裂和放射状断裂组成的火山机构断裂系，它们为火山期后热液的运移和矿化赋存提供了良好的空间，本次解译工作发现有火山机构，乌庄山矿区外围即发现了火山机构。

热环构造对金矿控制作用：热环构造是岩浆侵入和火山喷发的产物，其为成矿提供了不可缺少的热动力，因此热环内外带是金矿重要产出区，本区已知金矿床(点)中有40%产于环型构造边部或内部。

侵入岩对金矿控制作用：岩体是金矿成矿的动力和热液来源，本区岩体分布广泛，与金矿关系密切的是华力西中期花岗岩，本区已知金矿床(点)60%产于岩体周边或岩体内部，另外有些金矿因其产于沙漠，无法解译出岩性信息，并不代表其周边一定没有岩体。

1.4 依据遥感信息进行远景区初步筛选

依据已知金矿床(点)与遥感线、环形构造和岩体信息的关系，通过对全区遥感解译

线、环形构造和岩体信息的综合分析，除已知金矿集中区外，又筛选出找矿有望区 9 处，其中南带 4 处，中带 3 处，北带 2 处。这些远景区的特点是产于近 EW 向线性构造带内或边部，多有大型 NW 向、NE 向或近 SN 向线性构造与之复合，其主要产于交汇部位，即菱形格子状构造的锐角区，这些有望区边部多出露有岩体，多发育有环型构造；其中中带西起第二个，有望区有火山机构，是寻找火山岩型金矿的有利区。

2 航空遥感解译分析

航空遥感图像解译以马庄山金矿区为中心，面积约 1500km^2，航空照片类型为彩红外，比例尺 1:5.8 万，由于该区植被极少且单一，热红外信息基本没有，类似黑白航片。

本区航片解译首先是进行单一航片的目视解译，而后将航片彩色扫描到微机，利用 CorelDraw 软件进行镶嵌，在镶嵌图上，以单一航片解译内容为参考，进行全区解译。通过解译发现(如图 2)：

(1)本区主体发育 NE 向、近 EW、NW 向和 SN 向线性构造；近 EW 向线性构造强度最大，为早期构造，其对应于 TM 遥感解译的中带；NE 向线性构造规模最大，主体有 6 条，从西到东依次为第一至第六构造带；与已知地质资料相比，大大丰富了区内构造内容。

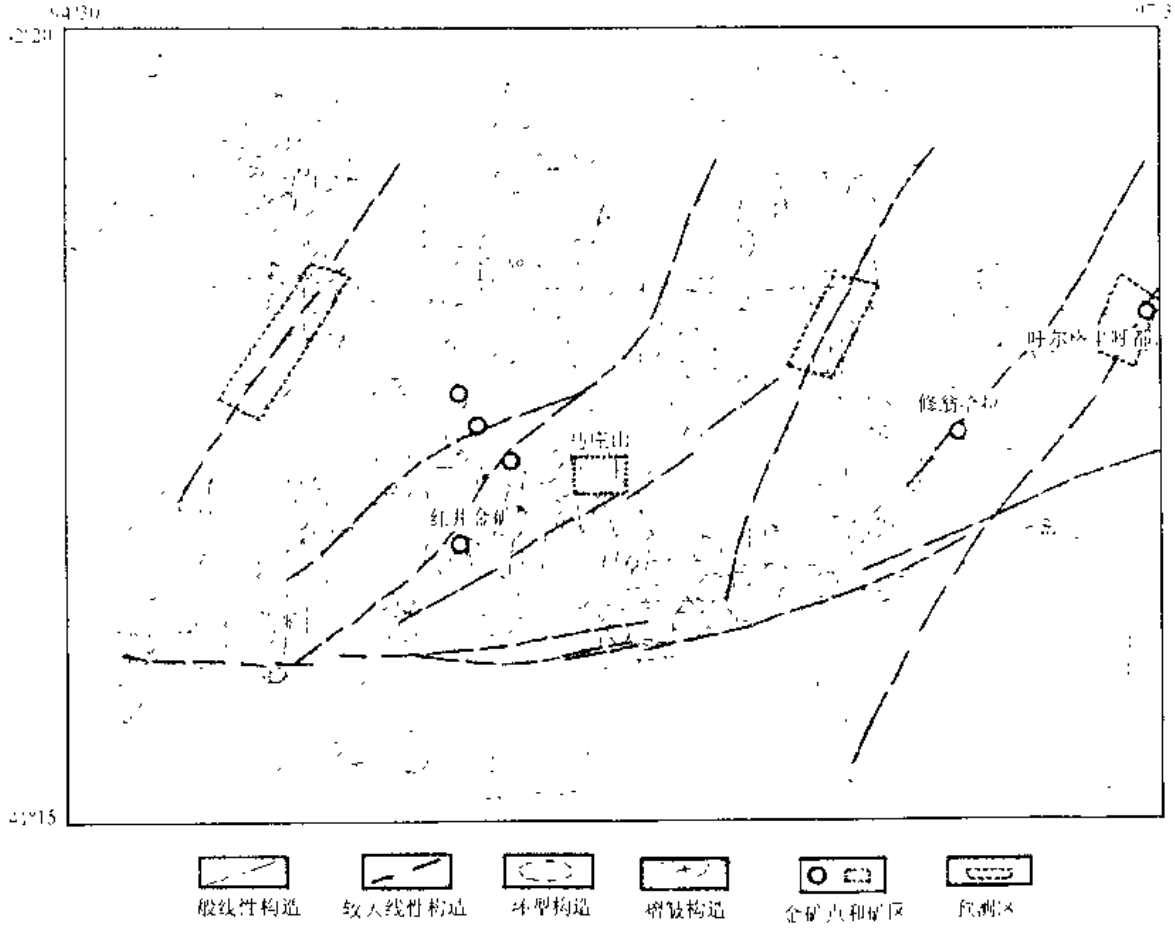


图 2 马庄山矿区外围航空遥感解译图

(2)从已知矿床点产出分析,金矿主要产于近与 EW 向构造交汇的 NE 向构造带内,其中双井子矿点产于第二个 NE 向构造带,马庄山矿区则位于第三个 NE 向构造带,修翁哈拉矿床产于第五个 NE 向构造带,它们距近 EW 向构造在 9～10km 之间,金矿床(点)边部发育微型环形构造,马庄山金矿西侧产有火山机构,表明其产出可能与火山活动有关。

(3)通过与已知金矿床点对比,结合线环型构造分析,圈出了三个预测区,分别处于第一、四、六 NE 向构造带内,距近 EW 向构造 9～12km 之间,环型构造都非常发育;其中新发现的呼尔格里呼都矿点产于第六个 NE 向构造带预测区。

3 结束语

通过北山地区全区 TM 遥感图像处理与解译,以及重点区(马庄山矿区外围)彩红外航片解译,初步分析了本区已知金矿床与遥感线、环形构造及岩体的关系,除已知金矿产于集中区外,又筛选出 9 处初步认为有希望的地区。由于是第一年在该区进行工作,很多工作还没能开展,如可以通过对 TM 数据的相关分析处理,可以提取出与金矿有关的蚀变信息;沙漠区具穿透能力的数据(如 JERS)的应用;应用 GIS 技术将遥感信息与化探等信息综合分析处理等,这些工作的开展将大大提高该区金矿找矿预测的精度。

参考文献

崔振奎,北山重点金矿成矿区遥感地质解译与成矿预测,铀矿地质,1995,No.3。

戴文晗,遥感技术在甘肃北山地质调查和找矿中的应用,国土资源遥感,1992,No.3。

遥感技术在东昆仑及邻区金矿找矿中的应用

刘志杰　肖力　张慧玉　刘刚　慕涛　孙岳
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　利用TM遥感图像，在分析东昆仑及邻区遥感影像所反映的区域构造特征及其与金矿信息的关系基础上，剖析典型矿床遥感地质特征，并在重点预查区通过控制金矿（点）的线、环、异常色带解译对比，指出了进一步找矿方向。

关键词　遥感影像　遥感解译　遥感地质特征　找矿方向　东昆仑及邻区

1　东昆仑及邻区TM数据图像处理

我们在东昆仑及邻区利用遥感资料预期要解决的主要问题是断层（线性构造）、环型构造（环型影像）、蚀变带（特殊色带或色块），因此采用的三波段合成方案组合着重于图像中的纹理和边缘特征并兼顾局部色调[1]。

研究区涉及TM图像18幅，所收集到的各幅数据资料时相不一（1987～1999，7～11月），东西横跨两个6度带。为便于与地质、化探、矿产等资料叠合对比分析，将全区分成东西两个半区分别进行图像校正处理，西半区：东经90°～96°，北纬35°～38°；东半区：东经96°～102°，北纬33°35′～36°45′；各形成1∶50万假彩色合成图像，总面积40余万km^2。为方便后续子区图像处理，直接利用1∶10万地形图进行校正。同时，根据全区成矿地质背景、矿化地质特征、区域地球化学特征分析，并结合他人登记区而初选的19处预查区进行1∶10万～1∶5万图像处理，总计面积5万余km^2。

2　遥感影像反映的区域构造特征及与金矿关系

2.1　区域遥感解译构造展布特征

全区解译是在1∶50万TM7、4、2（RGB）假彩色合成镶嵌图像上进行的，解译内容主要是线性构造（图1）。根据遥感解译结果，结合其他学者①、[2]的认识，我们将全区划分为六组大规模的断裂构造带。

（1）祁漫塔格断裂构造带：区域西北部那陵格勒河（昆北断裂）以北为祁漫塔格断裂构造带，走向北西西。该构造带以阿特阿特坎河为界分为南北两个亚带。

北带：即乌兰乌珠尔北西西向断裂构造带，宽15～20km，区内延长约200km。

主要作者简介：刘志杰，男，1967年生，工程师，主要从事遥感地质工作。

① 于学政，青藏高原遥感信息地质含义，博士论文，1998。

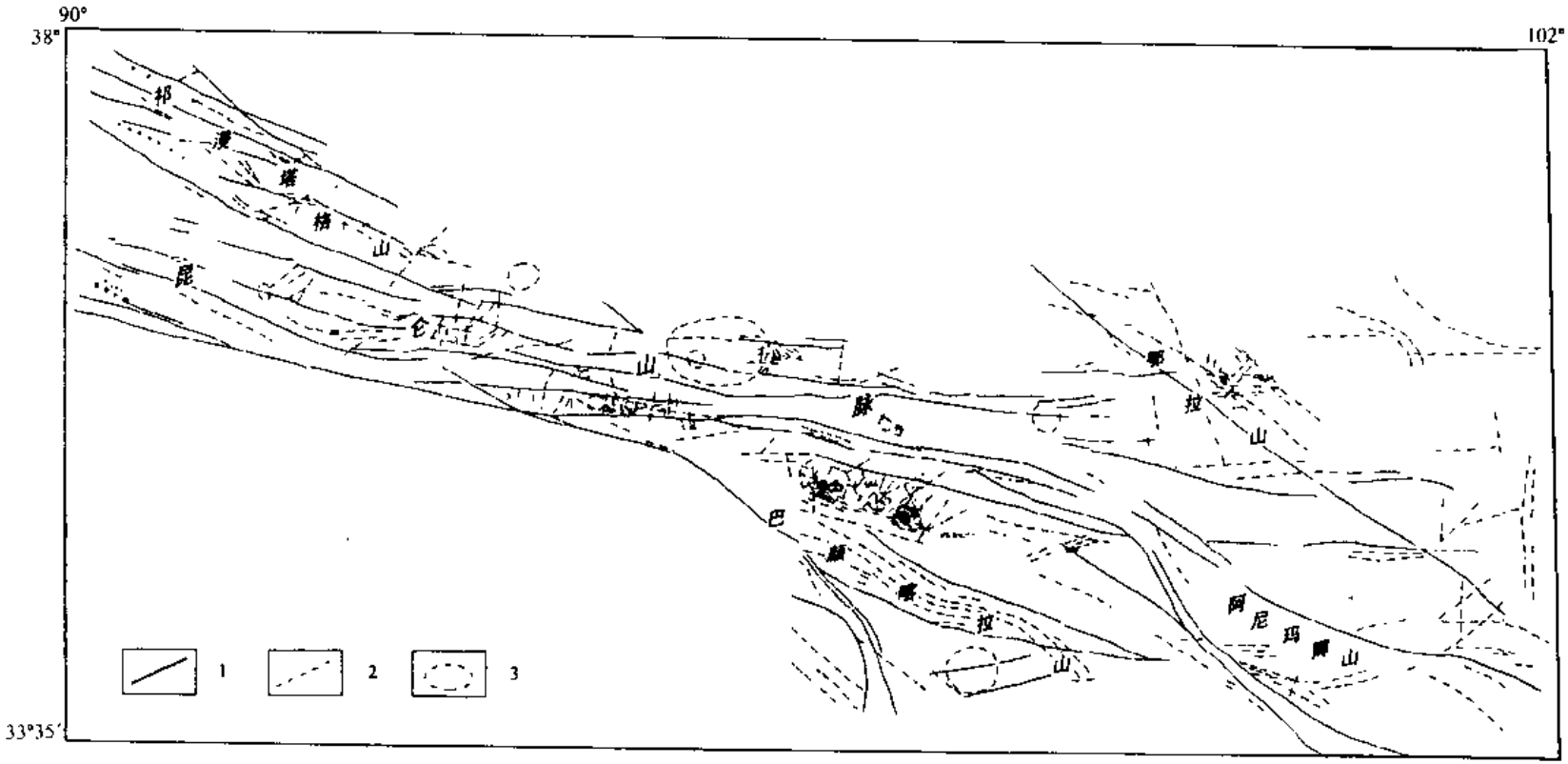


图 1　东昆仑及邻区遥感构造解译纲要示意图

1－区域线性构造；2　一般线性构造；3－环形构造

南带：位于阿特阿特坎河与那陵格勒河之间，西起卡尔塔阿拉南山，东至东经93°附近，宽10余km，区内延长约300km。

(2)昆北断裂构造带：包括那陵格勒断裂和昆仑山北缘断裂，走向北西西－近东西。

(3)昆中断裂构造带：以昆中断裂为主体，西起伯拉克拉克里湖以北，经小库赛湖－大、小干沟－布尔汉布达山至鄂拉山，南北宽10～20km，区内东西延长约900km。昆中断裂在地球物理上是一条明显的重力和磁力梯度带(青海省地质志，1991；姜春发等，1992)，大地电磁测探结果也表明是一条重要的界线(庞存廉等，1996)。

(4)昆南断裂构造带：即博克雷克塔格－阿尼玛卿山断裂构造带。以昆南断裂为主体，沿昆仑山主脊西起巍雪山，经布喀达板峰、博卡雷克塔格、东西大滩、阿拉克湖、冬给措纳湖、玛积雪山、玛沁县沿出区外。该构造带以冬给措纳湖为界，西段走向近东西；东段偏向北西－北西西。且南部出现一规模较大的分支断裂带。从遥感影像上看，该带是区内最醒目、规模最宏伟的断裂带，以发育一系列平直的线状影像、负地形、水系弯曲、断层三角面等为特征。

(5)北巴颜喀拉断裂构造带：位于区域南部，西起昆仑山口，向东南沿大巴颜喀拉山，总体走向北西西，弧弯状延展。

(6)鄂拉山断裂构造带：位于区域东北部，走向北西。西北端起自鄂拉山，向东南经兴海县、同德县，至河南蒙古自治县消迹。

2.2 区域断裂构造与金矿信息空间关系

我们将化探异常、金矿化信息点、勘察登记区和初选的预查区复合于全区遥感解译图上，以利于分析它们的空间关系。

(1)断裂与化探异常：1∶50万化探范围仅限于东经93°～99°，北纬35°20′～36°40′。异常主要沿昆中、昆南两主断裂带分布，且昆南带多于昆中带；昆仑山口－北巴颜喀拉断裂带与昆南断裂带交汇处东西两侧是1∶50万异常分布的两个最大集中区(东西大滩和黑海－昆仑山主脊地区)；纵跨昆北、昆中两带的大干沟－五龙沟中型环体(东西长轴75km)边缘，有两个相对集中区，其中南缘为大干沟－白日其力沟异常集中区，东北缘为大格勒－五龙沟异常集中区。

(2)断裂与金矿化信息点：金矿化信息点主要分布在东半区昆南断裂以北三条区域性断裂两侧；西半区祁漫塔格断裂带中已知金矿化信息点较多。

(3)断裂带与登记勘查区：截止到2000年，研究区内登记勘查区祁漫塔格断裂带上8个，北巴颜喀拉断裂带7个，鄂拉山断裂带11个，东昆仑断裂带35个。

(4)断裂带与预查区分布：除大水地区外，我们初选的预查区(找矿远景区)祁漫塔格断裂带3个(北带1个，南带2个)，东昆仑断裂带11个(昆北带1个、昆中带4个，昆南带6个)，北巴颜喀拉断裂带2个，鄂拉山2个。

3 金矿遥感地质特征及找矿方向

3.1 典型矿床遥感地质特征及找矿标志

3.1.1 五龙沟金矿床

位于东昆仑北坡、昆北断裂构造带南侧。矿区出露地层为下元古界金水口群，侵入岩分布广泛，近南北、北东－北东东、北西、北北西四组次级断裂系统发育，矿体产在断裂破碎蚀变带中，其中北西－北北西向断裂为最重要的控矿、容矿断裂。该组断裂具负地形(沟谷)特征，表现为有一定宽度的线、带状地质体。控矿的 NW 向断裂，多具有相对浅色调的残破积覆盖物，而形如刀切般的断裂多与成矿无关。主要控矿带包括五龙沟中游 NW 向矿带、五龙沟下游－石灰沟上游 NW 向矿带和石灰沟东 NNW 向矿带，其内矿(化)体走向 NW 或 NNW[①]。

3.1.2 开荒北金矿床

位于昆南断裂构造带北侧。矿区出露地层为中三叠统闹仓坚沟组，未发现侵入岩，仅有细小的石英脉，断裂构造以 NWW－近 EW 向断裂为主体，同时发育 NE20°、NW330°两组断裂系统。破碎蚀变带在 TM742 图像上显示为浅绿黄色调背景下有一定宽度的深棕黄色或暗兰色调粗糙异常带，已知矿体以 NWW－近 EW 向为主。

3.1.3 遥感找矿标志

依据上述两典型矿床的遥感特征，结合本次遥感找矿结果，工作区遥感找矿标志有以下几种：

(1)区域性断裂构造带内平行或斜交的次级断裂发育，遥感影像上表现为密集的线性体。

(2)NW－NNW 和 NWW－EW 向断裂构造与找矿关系最为密切。

(3)微型环体边缘。

(4)特殊的色调异常带或色调异常块。带中明显的正地形处可能为脉岩，破碎强烈处因易剥蚀而成负地形。

3.2 重点预查区遥感解译及找矿方向

3.2.1 肯得可克－野马泉地区

遥感成像范围：东经 91°37′～92°13′，北纬 36°50′～37°05′，东西长 54km，南北宽 28km，面积 1512km^2。比例尺 1:5 万。

遥感解译：该区位于祁漫塔格断裂构造带南亚带北侧巴音格勒河口一带。主体断裂构造方向为 NWW 向，与区域构造方向相一致。其次为近东西向，如狼牙山东西向断裂

① 十学政等，青海柴达木盆地南、北缘遥感地质金矿靶区预测报告，1995。

构造带。北东向断裂构造控制着水系支流的方向。近南北向断裂表现最弱。

肯得可克金矿位于狼牙山东西向断裂带南侧一微型环形构造外缘，矿脉走向近东西。矿区内其它方向断裂有 NWW、NNW 和 NE 向；野马泉铁矿位于野马泉东西向断裂北侧沙漠之中；夏努沟努铅锌矿位于 NWW 向断裂带上，NE 向次级断裂发育。

找矿方向：与肯得可克金矿区构造环境类似的巴音格勒河口西侧景仁山地区，其位于狼牙山东西向断裂带西段，区内 NE、NWW 向两组断裂发育，且有两个微型环。近南北向断裂切过环体。实地调查在景仁山南坡发现矿化蚀变带两条，其中一条为方解石脉充填，宽 1.5～2.0m，地表出露长度 80m，具较强的褐铁矿化；另一条为构造角砾岩带，发育于石炭系灰岩地层中，具较强的破碎蚀变现象，破碎带中部为构造角砾岩，两侧为碎裂灰岩，主要蚀变为矽化、方解石化、硅化、绿帘石化、黄铁矿化等。

3.2.2 东西大滩地区

成图像范围：东经 94°17′～95°15′，北纬 35°27′～35°23′，东西长 90km，南北宽 50km，面积 4500km^2，比例尺 1:10 万。

遥感解译：该区位于昆南断裂构造带与昆仑山口－北巴颜喀拉弧弯形断裂构造带交接区。受近东西向主断裂与近南北向次级断裂影响，影像上显示“丰”字型水系，网格状地貌。区内近东西向和北西西向两组次级断裂发育。其中北西西向断裂为重要的控矿、容矿断裂。

找矿方向：区内锑矿沟金矿位于昆南断裂线南侧东二道沟内。控制矿脉的断裂带为 NWW 向。该断裂带在遥感影像上显示为一宽 0.5～1.0 km、长 15 km 的浅红色调异常带，异常带向西北沿至西一、二道沟，至西三道沟消迹，虽然西北段没有较好的化探异常显示，但却是东西向和北西西向两组线性构造交汇部位，遥感影像线、色要素显示其具有较好的找矿前景。实地调查发现辉锑矿化、黄铁矿化、黄铜矿化、硅化的破碎蚀变带发育；同时发现一含金品位 13.6×10^{-6} 的斜长花岗岩脉。锑矿沟东部，东八、九道沟地区，近东西向断裂发育，1:5 万化探异常位于两沟口之间，其长轴为近东西向。影像上显示该区有一微环构造，推测近东西向断裂控矿的可能性极高，实地调查中采到含金品位 1.17×10^{-6} 的样品。

3.2.3 大场－扎日加地区

成图像范围：东经 96°01′～97°04′，北纬 35°04′～35°28′，东西长 100km，南北宽 45km，面积 4500km^2，比例尺 1:10 万。

遥感解译：该区位于北巴颜喀拉断裂构造带北侧向昆南断裂构造带过渡地带。近东西、北东、北西三组断裂构造发育。

找矿方向：区内大场金矿位于一近 EW－NWW 向断裂构造带上。矿脉受近 EW 向断裂控制，砂、岩金叠置产出。矿区北部有两个微型环构造。矿区西侧，有一小型环，成放射状影纹，且格涌尕玛考沟内有沙金采迹，寻找岩金的条件有利。矿区东部，浪卡日埃和琼走两岩体南侧，近东西向断裂构造发育，多条东西向沟道内有沙金采迹，寻找近东西向

矿脉的可能性极高。

3.2.4 玛温根－叉叉龙洼地区

成图像范围：东经 99°19′～99°57′，北纬 35°57′～36°12′，东西长 56km，南北宽 27km，面积 1512km^2，比例尺 1:5 万。

遥感解译：该区位于鄂拉山北西向断裂带东侧，昆中构造带沿至此处，受其影响，东西向断裂构造在影像上时隐时现。北东、近南北向断裂控制着现代水系展布。

找矿方向：①玛温根地区，从玛温根 1:20 万化探异常形态与该区断裂构造叠合状态看，受北西西－近东西和近南北向两组断裂控制明显，实地调查中在玛温根山北东侧发现北西向破碎蚀变带一条，产于二叠系砂板岩地层，带内为碎裂状蚀变砂岩，有石英脉－石英网脉充填，具较强的褐铁矿化；在玛温根山北西侧发现一条近东西向构造角砾岩带，产于三叠系砂板岩地层与印支期花岗闪长岩接触带附近，具褐铁矿化。阿勒小金异常则主要受近南北向断裂控制，实地调查中在阿勒小沟北端发现近南北向构造破碎带一条，产于三叠系地层砂板岩中，宽度十几至几十米，带内岩石变形强烈，片理化发育，蚀变较强，主要为褐铁矿化、硅化；②叉叉龙洼地区，近东西、近南北、北东、北西向四组断裂构造都很发育，该区有一同心环状构造，1:20 万化探金异常分布于其周边。从化探异常形态看，长轴形态多近南北，说明单个异常受南北向断裂控制。

3.2.5 大水－忠曲地区

成图像范围：东经 102°01′～102°29′，北纬 34°00′～34°13′，东西长 45km，南北宽 25km，面积 1125km^2，比例尺 1:5 万。

遥感解译：该区位于近东西－北西西断裂构造带上，断裂带东侧被 NE 向构造湮没，西侧延出区外。区内近东西、近南北、北东、北西四组断裂构造发育。

找矿方向：已知金矿（格尔珂、贡北、忠曲等）分布受 NWW 向断裂带控制，矿脉走向有近东西、近南北和北东向。金矿产出部位均有同心环状构造，与出露的小岩株或隐伏岩体有关，次级断裂 NE、近 EW、近 SN 向三组均发育。类似地区，沿 NWW 向断裂带向西北－南东让一带。

4 结束语

在东昆仑如此广大地区利用遥感技术大大提高了我们工作的目的性、针对性和方向性。但是，由于只有一年的时间，对于重点预查的 6 个工作区段和 2 个典型矿区研究尚不够深入，同时，另外 11 个初选的预查区也因时间关系基本没有开展工作，这些地区今后均应进一步开展工作。仅就遥感而言，今后在此区进行小面积大比例尺工作时，还应考虑多种手段，如多波段遥感数据分析增强蚀变信息，高精度图像解译总结找矿标志，指导找矿等。

参考文献

崔作舟等，青藏高原速度结构和深部构造，北京：地质出版社，1992。
庄逢甘主编，中国地方遥感应用进展，北京：宇航出版社，1997。

干旱、半干旱荒漠地区金矿找矿方法与实践

靖　军　张学洲　杨观德　吴德华
（武装黄金第十五支队，新疆 乌鲁木齐，830057）

摘　要　干旱、半干旱荒漠地区作为一种特殊的地理景观，具有气候干燥、雨量少，物理风化严重的特点，其在陆地布广泛，在此类地区的找矿方法一直被地学界普遍关注。东疆是一个典型的干旱、半干旱荒漠地区，本文以东疆地区的康古尔金成矿带和马庄山金矿田为典型实例，辅以其它地区的找矿实践，论述了地球化学在找矿过程中的作用，指出地球化学找矿在干旱、半干旱荒漠地区是一种行之有效的找矿方法，并指出了在地球化学找矿中应予以注意的几个关键问题，为在干旱、半干旱荒漠地区的金矿找矿实践提供了一些成功经验。

关键词　干旱　半干旱荒漠　找矿方法　地球化学找矿　实践

1　前言

干旱、半干旱荒漠地区是指气候干旱或半干旱、雨水量少，温差大，植被稀疏，中低矮的山区。中亚腹地，包括我国的西北、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、非洲的撒哈拉沙漠、美国的西部等均属于这一类地区。由于受强烈物理风化作用的影响，在荒漠地区广泛的风成堆积地貌，自然景观以岩漠、戈壁滩、沙漠、泥漠为主。其中岩漠地区基岩裸露较好，第四系覆盖范围小且薄。多位于褶皱构造较为发育的山岭地带，在岩漠地区用单一的找矿方法，尤其是地质勘探方法，找矿效果较差。迄今为止在新疆发现的绝大多数金矿床（点）都分布在岩漠区。如西准噶尔的包古图、齐求、别鲁阿嘎希，东疆的马庄山、南金山、康古尔塔格等。这些金矿床内蕴金资源量约占新疆黄金资源量的50%；在世界范围内，此类地区发现的金矿床也占有相当的比例，如在乌兹别克斯坦境内的克齐库姆沙漠中发现的世界级特大型穆龙套金矿。而在其他几处自然景观区受表层砂砾、土质影响，金矿化信息被屏蔽，金矿找矿难度较大，因而发现的金矿床较少。

综上所述，在此类地区金矿找矿方法的探讨十分必要。通过大量实践表明，地球化学找矿在干旱、半干旱荒漠地区的找矿效果十分明显。现就东疆地区主要金矿的找矿方法及实践作以论述。

主要作者简介：靖军，男，高级工程师，主要从事黄金地质勘查工作。

2 金矿找矿方法与实践

2.1 金矿找矿方法

在干旱、半干旱荒漠地区金矿找矿方法较多，包括地质勘查找矿、地球化学找矿、地球物理找矿、遥感地质找矿、重砂找矿等。作为一种找矿方法和手段，各有其优越之处。地质勘查和研究是找矿工作的基础。地球化学探矿作为一种重要的找矿方法，可以直接发现金矿化体，尤其对一些被盖厚的金矿体和微细浸染型金矿床的找矿效果较好；物理探矿作为一种间接或辅助的找矿方法，在追索容矿及控矿构造等方面作用显著，在矿床评价及深部盲矿体找矿中也具有较好的效果；遥感地质通过对一些线形、环形构造的解译，在寻找火山机构及构造格架上具有重要的意义，对于直接受地貌控矿因素影响的风化壳型矿床和砂金矿床遥感解译具有较强的指导意义。

2.2 地球化学找矿与实践

近几十年来，地球化学找矿作为一种直接找矿法，在新疆干旱、半干旱荒漠地区取得了明显的进展。世界上最成功的例子应是乌兹别克斯坦发现的穆龙套金矿，它在世界地学界的影响是众所周知的，地球化学找矿主要是采用1:20万、1:5万比例尺开展工作。化探找金以样品中金元素含量作为找金的直接指示元素。由于我国微金测试方法的发展，带来整个化探找矿的突破性进展。尤其是微金分析精度比过去提高了1000倍，从而大大增加了找矿机率。在我国新疆，通过“七五”、“八五”期间区域化探金矿普查，不但发现了西准噶尔、阿尔泰的一些大、中型金矿，而且在天山及西南天山均发现了大中型工业金矿床，据初步统计新疆在此期间共发现金元素异常1678个，选择部分异常用槽探和钻探工程检查验证，已发现具有工业意义的金矿床14处，其中大型2处(阿希、哈图)、中型7处，目前尚有很多金矿产地及尚待验证的金元素异常。

现结合东疆干旱、半干旱荒漠地区几个典型金矿的找矿实践，就化探方法在找矿中的应用和效果作以论述。

2.2.1 东疆干旱、半干旱荒漠地区金元素分布规律

根据新疆地矿局、国家“三〇五”项目办公室及黄金十五支队在干旱、半干旱荒漠地区区域化探扫面中岩石样品分析结果进行初步总结研究，认为东疆地各区金元素的分布不均匀，且含量变化较大(表1)，引起化探异常的地质体复杂多样，因此在此类地区的化探工作应予以区别研究，选择相应的采样介质、粒度和异常下限，进行异常圈定和解释评价。

表1 东疆干旱、半干旱荒漠地区金元素区域平均值表

地 区	大黑山	大南湖	白山	北金沟	盐池东	康古尔
平均值/10^{-9}	1.60	1.28	1.01	1.71	2.63	1.21
异常下限/10^{-9}	3.00	3.00	2.50	3.00	6.00	2.00

2.2.2 康古尔塔格金矿找矿方法与实践

(1)地质特征

康古尔塔格金矿位于吐鲁番－哈密盆地南缘,阿满苏岛弧带内,秋格明塔什－黄山韧性剪切带西段。矿内出露地层为下石炭统雅满苏组(C_{1Y}),岩性主要为火山碎屑岩和火山熔岩类。矿脉产于早期火山碎屑岩与安山岩或粗面岩的接触部位,矿脉长约1.0km、宽5~20m,总体走向北东80°,倾向北西,倾角72°－76°,受韧性剪切带控制,连续性较好,其空间形态具舒缓波状。沿走向具收缩膨大和分枝复合现象,沿倾向呈透镜状和叠压状、脉状,矿带中矿体最深达600m。矿物组合主要为银金矿、黄铁矿、磁铁矿、石英、绿泥石、矿石类型多样,主要为含金黄铁矿、磁铁矿、绿泥石蚀变岩型;黄铁绢云岩型;黄铁矿－石英脉型;多金属硫化物－石英脉型等。围岩蚀变为硅化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化等,且具横向分带现象。

(2)地球化学找矿实践

本区属于典型的干旱、半干旱荒漠地球化学景观区,物理风化作用强烈,多为中、低丘陵区,气候炎热干燥,降雨量小。通过诸多地勘单位的工作,成效非常明显,地球化学找矿是该区主要找矿方法之一。1986年,在该区开展1:20万区域化探扫面中发现金元素异常,采样介质为水系沉积物及岩屑,密度1~2个/km^2,按2.9×10^{-9}为异常下限圈定异常分布面积80km^2,异常带总体呈北东向,有3个浓集中心,浓度分别为13.0×10^{-9}、61.0×10^{-9}、69.0×10^{-9}。经检查,地表分布有大量石英脉,个别样品含量达到工业品位。最高达20.0×10^{-6},但未找到金矿体。1989~1990年在1:20万金异常的基础上,进行了1:5万水系沉积物(岩屑)测量,采样密度为4~8个/km^2,圈出近东西向和北东向4条异常带,具多个异常中心,异常浓度普遍增高,最高达100×10^{-9},进一步缩小了找矿靶区,在此基础上又开展了1:1万岩石测量工作,其主要成果显示金元素异常呈东西向条带展布,圈定了3个金元素异常带,部分区段异常浓集中心更为明显。经过异常检查和槽探工程揭露,金元素等值线25×10^{-9}的分布范围与区内主要糜棱岩带基本一致,在北部异常带金元素含量200×10^{-9}以上,分布范围是由硅化含金石英斑岩引起的,属矿致异常。中部异常带金元素含量(100~200)$\times10^{-9}$,异常分布范围较大,地表黄铁绢英岩化、绿泥石化等蚀变普遍,为含金蚀变岩引起,属矿致异常。南部异常带,金元素含量(45~100)$\times10^{-9}$,地表为黄铁矿化英安斑岩,蚀变较弱,未发现金矿体,为矿化异常。通过对1:1万岩石测量中的10个重点金元素异常进行检查验证,确定其中8个异常与矿体或矿脉有关,由金矿体引起,另外两个异常一个由金矿化引起,一个由脉岩引起,据此经过进一步钻探控制评价,查明了2个中型金矿床和一批小型金矿床点。

在此成矿带上,化探找矿起到了主导作用。

2.2.3 马庄山金矿找矿方法与实践

(1)地质特征

马庄山金矿位于与甘肃交界处的新疆境内。地处天山、阿尔金山及卡拉麦里－莫钦乌拉山三大构造带的交汇部位。地层主要为石炭系,岩性为火山碎屑岩、凝灰岩、流纹质凝灰岩、角砾凝灰岩等。岩浆活动为海西中期第四侵入次花岗岩,与围岩呈侵入接触关系,构造主要以EW、NW向为主。该矿床为石英脉及硅化体复合型金矿床,矿脉受压扭性和张扭性断裂控制,矿区内共发现矿脉7条,多呈脉状产出,走向近东西及北北西,倾向

北，倾角 37°～71°。脉长一般 150～180m，最长可达 900m，厚 0.20～30.10m，局部具有膨大缩小、分枝复合现象。矿石类型为含黄铁矿－石英脉型、含金多金属硫化物－石英脉型、含金黄铁矿－硅化凝灰岩型。矿石中金属矿物主要有自然金、银金矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、铁闪锌矿和少量金红石，矿石中脉石矿物有石英、方解石、绢云母等。由于在金矿形成过程中，发生了不同强度的热液交代作用，可明显地分地二种类型：即面型蚀变和线型蚀变；面型蚀变表现为大范围硅化－绢云母化－高岭石和青盘岩化，呈红色蚀变区，一般不含矿。线型蚀变表现为由矿体为中心可分为四个蚀变带，即强硅化带、硅化带、黄铁绢英岩化带、绢云母化带，线型蚀变多迭加于面型蚀变之上形成复杂多样的蚀变岩，具有不对称性。

(2)地球化学找矿实践

构造地球化学测量是目前国内正在探索研究的一种新的找矿方法，尚未形成完整的理论与工作方法。马庄山地区先后开展了 1:5 万水系沉积物测量和构造地球化学测量，在矿区都有明显的金异常显示。常西临等 1993～1994 年对马庄山金矿进行了工作方法试验，并对所获构造地球化学异常进行了异常检查工作，通过构造地球化学与水系沉积物测量对比，构造地球化学测量在该区效果更为突出。因此采用该方法在北山这种基岩出露面积较大地区找矿效果应该很好。下面以马庄山金矿构造地球化学探矿实例对构造地球化学找矿的原理方法进行阐述以供参考。

①构造地球化学探矿的基本原理与方法。该种方法以断裂构造为研究对象，采集断裂构造样品，研究其元素的分布分配特征，从而达到指示找矿目的一种找矿方法[4]。基本原理是：首先利用遥感图像对全区进行构造解译，然后对采集断裂构造样品进行测试分析，观察断裂构造的矿化特征，研究指示元素在构造环境中的活化、迁移、分散、富集特征并对每条断裂构造的含矿性进行概略评价，提出下步预测方向。此次工作主要方法为利用遥感图像对测区及其外围背景范围的构造进行解译，了解区内构造分布特征；确定金为最佳指示元素；采样介质一般为断裂构造裂隙充填物。采样沿构造线方向 15～30m 范围内取矿化蚀变样或充填物，3～5 处组合成一个样品。

②景观地球化学特征。测区位于新疆东部北山地区，属中低山区，山脉总体走向近东西向相对高差一般在 80m 左右，地形切割强烈，岩石裸露良好，仅在低洼处、冲沟中有泥沙覆盖，为开展构造地球化学探矿提供了良好的景观条件。

(3)金元素分布分配特征

测区金的平均值是区域背景值的 5～7 倍，标准离差4.61。说明本区 Au 的含量高且在岩石中分布不均匀。在区域断裂构造上，Au 的平均含量由大到小次序为 EW、NW、NS、NE 向断裂构造。标准离差及变化系数显示 EW、NW 向两组断裂构造含量最高，且分布最不均匀，表明金元素活化，迁移能力较强，容易富集成矿。

通过构造地球化学测量，在该区共圈定金异常 31 个，经异常检查认为 7 处异常有进一步工作价值(表 2)。

(4)找矿效果

由表 2 可以看出，异常在已知矿脉 1、2、3、4、5、6、7 号脉上均有显示，异常与矿脉吻合较好。其中 9 号、10 号异常分别是由 3、4 号脉和 1、2 号脉引起，构造地球化学剖面高值区与矿脉的位置相吻合。在此值得提出的是 8、11 号异常，8 号异常区内出露岩性为火山

碎屑岩、凝灰岩，次火山岩为石英斑岩和花斑流纹斑岩[3]，断裂有近东西向和南北向两组。由 Au 异常图可以看出 Au 浓集中心明显，最高含量分别集中于 5、6、7 号脉上，特别是 7 号脉西部，Au 异常含量增大，且向西南 3、4 号脉方向有增大趋势。南北向异常明显由 5 号脉引起。近东西向异常集中分布在 7 号脉及其西部，且出现 Au、Ag、As、Sb、Bi、Pb 组合，各元素向西均有增大趋势，据此推测在 7 号脉西部应有新的矿脉存在[3]。此推测在 1995 和 1996 年地质工作中得以证实，发现了与 5 号脉呈复合分枝关系显示的 9 号脉，提交储量 4004kg，另外在 11 号异常内发现了距矿区南部 1.2km 的 8 号脉。

构造地球化学测量在马庄山地区是行之有效的，特别是在岩石裸露较多地区是一种快速有效、直接的找矿方法。

表 2　马庄山构造地球化学金异常特征值表

异常编号	类型	极大值(10)	面积/km²	元素组合	标准离差	地质特征
HG-1	乙	1500	0.04	Au、Ag、As、Sb	739.5	凝灰岩、有一破碎带，三条石英脉
HG-3	乙	1500	0.32	Au、As	515.5	断裂两条，褐铁矿化硅化，由石英脉带组成
HG-5	乙	1500	1.35	Au、Hg、As、Sb	315.5	含金石英脉，断裂构造 3 条，具褐铁矿化、硅化
HG-8	甲	1500	0.16	Au、Ag、Bi、As、Sb、Cu、Pb、Zn	526.2	石英斑岩，5、6、7 号脉，具黄铁矿化，硅化、黄铁矿化等蚀变
HG-9、10	甲	1500	0.06	Au、Ag、Bi、As、Sb、Cu、Pb、Zn	484	石英脉型，1、3、4 号脉围岩石英斑岩、凝灰岩
HG-11	乙	1500	1.13	Au、Ag As、Sb、Hg	450	南北向断裂 8 号脉
HG 18	乙	1500	2.30	Au、Ag、As、Sb、Bi、Hg	456	石英斑岩与地层接触带，具褐铁矿化、硅化

（据张学洲，1996）

2.2.4　东疆其它地区地球化学找矿实践

在东疆其它地区化探找矿实践表明其效果也是十分明显的，黄金第十五支队历年来在东疆其它地区的化探找矿实践及效果见表 3。

综合上述几个实例说明化探找矿在十旱、半十旱荒漠地区具有速度快、成本低、效率高的特点。化探找矿基本上可划分三个步骤：首先进行 1:20 万区域化探扫面，确定成矿远景区，其次开展 1:5 万～1:2.5 万化探普查，缩小找矿靶区，最后开展 1:2 万～1:1 万化探普查，确定金成矿带或金矿体的分布范围，辅以轻型山地工程进行评价。在岩石裸露较好地区采用构造地球化学测量或岩石地球化学测量效果也非常好，可以借鉴。

表 3　东疆其它地区地球化学找矿及效果

地区	大黑山	大南湖	白山	北金沟－盐池东
方法	1:5 万岩屑地化测量	1:5 万岩屑地化测量	1:10 万测量	1:5 万水系沉积物测量
介质及粒度	残积物和坡积物 -5～+20 目	残积物和坡积物 -5～+20 目	水系沉积物，辅以岩屑、粗粒	水系沉积物，辅以岩屑，-60～+80 目
密度	4.97 个/km^2	5 个/km^2	2 个/km^2	5.99 个/km^2
景观地化特征	大陆腹地，残破丘陵和石质戈壁，水系极不发育，雨季季节性流水，气候干燥，植被稀少，成壤作用微弱，岩石以物理风化为主，风成沙发育	干旱荒漠戈壁景观区，水系、植被不发育，河谷开阔平缓，水系中混有大量风成沙，洪积异地碎屑。典型的干旱大陆性气候	为低山丘陵区，属典型荒漠地形景观，岩石机械破碎及风化作用强烈，物质搬运能力差，多为风力搬运，季节性流水，河谷开阔	属典型干旱荒漠气候，植被稀少，基岩裸露，以物理风化为主，化学风化次之，生物风化微弱。元素以机械托运为主，沿水系表生迁移为主导，风力迁移次之
效果	Au 异常 35 个，乙类 20 个，3 个金矿化点有进一步工作价值	Au 异常 20 个，乙类 6 个，个别异常有待查证	Au 异常 20 个，乙类 12 个，效果不甚理想	Au 异常 11 个，甲类 3 个，乙类 4 个，发现金矿点 1 个

3　化探找矿工作中注意的几个关键问题

现今，化探找矿方法应用是比较广泛的，但在实际工作中，往往达不到应有的效果，归纳起来，有几个关键问题在此应予提出，以便在实际工作中灵活掌握和应用。

3.1　选用合适的化探工作方法

化探工作一般有水系沉积物测量、岩石(岩屑)化学测量及土壤化学测量、构造地球化学测量等基本方法，但方法的选择也是十分重要的，比如萨瓦亚尔顿金矿，水系沉积物测量和岩石(岩屑)的化学测量均未取到实质性进展，使找矿工作滞后五年，而在后期采用土壤地球化学测量才取得了找矿上的突破，由此可见方法的选择是至关重要的。

3.2　采样介质、指示元素的确定

在干旱、半干旱地区采样粒度一般为中粗粒(-20～+60 目)，采样密度比水系发育地区略大。同时进行指示元素的确定，一般以金为主，其次为 Ag、Cu、Pb、As、Sb 等。

3.3　选择适当的化探工作比例尺

大面积开展工作一般可采用 1:10 万或 1:5 万化探，异常检查阶段可采用 1:1 万岩石测量。

3.4　同一区域应选择不同的异常下限圈定异常

通过实践在同一地区，各地质体丰度值不一样，若采用统一的异常下限圈定，在高背

景值区可圈出很大的异常，在低值区则没有异常显示，在这种情况下，必须对结果分别处理，采用变化系数、衬度等参数进行对比。

3.5 进行风成沙干扰程序试验

由于干旱、半干旱荒漠地区特殊的地球化学景观，开展化探工作首先应进行风成沙干扰程序试验，选择合理的岩屑样品粒度，使样品具有更好的代表性。

4 结语

由于干旱、半干旱荒漠地区特殊的自然条件，地球化学探矿是一种十分重要切实可行的工作方法，但并不意味用单一化学找矿方法一定可以突破，应该在注意上述的几个关键问题时，同时辅以如地球物理、路线地质调查等综合方法，予以验证和评价。没有一种方法是绝对的，在实际的工作中将多种方法综合运用，最好在工作之前进行工作方法试验，确定最佳工作方法，会取得事半功倍的效果。本文结合新疆干旱、半干旱荒漠地区典型金矿的实践论述了地球化学探矿在此类地区的实效性，可能存在一定的偏颇，请有关专家给予指正。

成文过程中得到黄金第十五支队杨泽军、皮清明高级工程师的指导，在此表示感谢！

参考文献

[1]马文良等，地貌学及第四纪地质学，1979。

[2]邓振球，新疆金矿地球化学特征及化探找金效果，见：新疆第三届天山地质矿产学术讨论论文集，1995。

[3]靖军等，马庄山金矿地质及地球化学特征，新疆地质，1996，14(3)。

[4]张学洲，马庄山金矿构造地球化学测量研究，新疆地质，1996，14(4)。

东昆仑地区地球化学特征及其在金矿找矿中的意义

孙岳　慕涛　肖力　刘纲
（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　东昆仑地区跨多个构造单元，不同地质构造单元中地球化学特征存在明显的差异。东昆仑东段地区含变化幅度很大的元素为 Au、W、Bi、Hg，主要找矿元素为 Au、Sb、W、Bi、Mo、Cu；东昆仑西段地区主要找矿指示元素为 Au、Ag、Sb、Bi，鄂拉山地区找矿元素为 Cu、Au、Zn、Ag，巴颜喀拉地区找矿指示元素为 Au、Sb、Bi、Hg；地球化学异常主要集中于昆中、昆南断裂带，昆中断裂带 Cu 异常醒目，昆南断裂带 Sb、Au、Hg 异常突出；Au 元素异常及其与其它元素异常的组合对于金矿床找矿指示意义特别明显，如东大滩 As115　1 异常。

关键词　地球化学特征　地球化学异常　找矿指示意义　东昆仑地区

1　区域地质背景

东昆仑地区大地构造从北向南包括东昆仑地块、阿尼玛卿山优地槽褶皱带及北巴颜喀拉冒地槽褶皱带三个一级大地构造单元，各构造单元之间分别以昆中断裂和昆南断裂为界。

该区基底岩石为下元古界金水口群片麻岩、大理岩、片岩和泥质板岩，盖层为上元古界大格勒群和丘吉东沟群浅变质片岩、大理岩和碎屑岩，阿尼玛卿优地槽由大理岩和中、下三叠统复理石和火山岩类组成。巴颜喀拉冒地槽主体为中、下三叠统复理石沉积。

岩浆岩分布广泛，表现为多期次、大规模特征，构成东昆仑花岗岩带。前加里东期以片麻状花岗闪长岩为主，常见基性岩和超基性岩，加里东期以花岗岩和二长岩为主，海西期侵入岩为花岗闪长岩、斜长花岗岩和石英闪长岩，印支期－燕山期酸性侵入岩在东昆仑中间地块、阿尼玛卿优地槽和北巴颜喀拉冒地槽褶皱带中均有分布。

区内以断裂构造为主，褶皱构造不发育，主要断裂构造有昆中断裂、昆南断裂带；昆中断裂为一岩石圈断裂，长期活动对南北两侧沉积作用、变压作用、岩浆活动有明显控制，昆南断裂由一系列 NW－NWW 向断裂组成，构造带及其两侧次级构造，对本区金矿化有很大的影响

2　区域地球化学特征

本区不同地质构造单元间地球化学特征存在很大的差异。东昆仑东段开展了 6 万余

主要作者简介：孙　岳，女，1963 年生，高级工程师，主要从事黄金地质研究和计算机应用工作。

$km^2$1:50 万化探扫面，其它地区部分图幅开展了 1:20 万化探扫面工作，下面将依据这些资料讨论本区区域地球化学特征。

2.1 东昆仑东段布尔汉布达地区

2.1.1 元素的富集和离散

本区及青海全省主要成矿及指示元素丰度列于表 1。由表中可见：与全省相比，本区 Au、Ba、Bi、Cu、Mo、Ni、Sr、Zn 等元素丰度较高。

表 1 东昆仑与青海省元素丰度统计表

元 素	全省丰度	东昆仑	元 素	全省丰度	东昆仑
Ag	0.065	0.051	Mn	547.2	535
As	13.6	12.3	Mo	0.639	0.80
Au	1.35	1.61	Ni	21.62	22.70
B	52.9	36.1	P	555	494
Ba	464.2	491	Pb	19.97	18.70
Be	1.95	1.90	Sb	0.93	0.96
Bi	0.289	0.33	Sn	2.61	2.36
Co	9.95	9.55	Sr	186.7	227.3
Cr	56.9	48.7	V	67.9	61.8
Cu	19.9	20.2	W	1.9	1.9
Hg	0.027	0.02	Zn	57.5	58.3
Li	32.61	29.6	Zr	210.8	164.1

注：含量单位，Au/10^{-9}，其余/10^{-6}。

利用各元素原始数据集的变化系数(CV_1)与背景数据集的变化系数(CV_2)作削平处理(CV_1/CV_2)，可反映如下特点：①含量变化幅度很大，高强度数据很多，富集成矿可能性很大的元素有 Au、W、Bi、Hg；②含量变化幅度大，高强度数据多，富集成矿可能性大的元素有 Pb、Sb、As、Cr；③含量变化幅度中等，中高强度数据较多，有一定富集成矿可能性的元素有 Ni、Mo、Sn、Ag、Cu、B；④含量变化幅度较小，高强度数据少，富集成矿可能性较小的元素有 Zr、Co、Mn、V、Ba、Zn；⑤含量变化平稳，富集成矿可能性极小的元素有 Li、Be

通过对元素丰度和离散性的讨论，得出的认识是：东昆仑地区主要找矿元素是 Au、Sb、W、Bi、Mo、Cu 等；Pb、Hg、Ag、As、Sn 等虽丰度不很高，但含量变化幅度大，局部成矿可能性很大

2.1.2 元素组合特征

对本区元素的原始数据集进行 R 型聚类分析和用背景数据集作因子计量分析，得出的结论是：区域元素(部分氧化物)在 $r=0.095$ 水平时可分为 5 族，其中 Au、As、Sb、Li、B 为一族；在 $r=0.20$ 水平时，Au 单独为一亚族，As、Sb、Li、B 为一亚族，显示了本区存在一个强大的区域性 Au、As、Sb 成矿作用区域，主要存在于昆南断裂带和东昆仑地体中东段，还显示了其它构造地质要素的控制。

2.1.3 元素在不同地质单元中的分布特征

Au、Cu 等元素的富集与区域上含有玄武岩、安山岩等中基性火山岩成分的地层分布

有密切联系，这类地层主要有中元古界冰沟群、上元古界万保沟群、下古生界纳赤台群、及中下石炭系、下二叠系、中下三叠系等地层。

华力西期基性－超基性岩 Au 丰度最高，其次为华力西期中酸性岩，印支期中酸性岩含 Au 丰度较低；华力西期中酸性岩中 Au 变化系数最大。

2.1.4 地球化学分区特征

利用相对丰度和变化系数的关系讨论元素成矿的可能性，得出的结论是：①Au 在全区变化幅度较大；②Au 在昆中断裂带以北的夏日哈－沙柳河、柴南缘地球化学区为极低－低背景区，只是在局部地段有富集成矿的可能；③Au 在昆中断裂带以南、昆南断裂带以北的东昆仑地球化学区为高－特高背景区，具有较大的找矿潜力，但各地球化学亚区找矿元素组合不尽相同，黑海－野牛沟亚区为 Au、B、As、W，纳赤台－马尔争亚区为 Au、As、Sb、Cu、Hg，布青山－托素湖亚区为 Au、Cu、Cr、Ni，昆仑山口－东大滩亚区为 Au、As、Sb；④Au 与 As、Hg、Ag 等在昆南断裂带以南的巴颜喀拉地球化学区为高背景区，具有较好的找矿前景。

2.2 东昆仑西段祁漫塔格地区

以本区南部的塔鹤托板日和可可西里北部地区为例分析。昆中、昆南断裂带将本区分为三块，地质条件差别很大，元素分布特征也表现出较明显的差异。

2.2.1 昆中断裂以北的 W、Bi 高背景区

大面积出露的二长花岗岩和下元古界金水口群变质岩系为 W、Bi 提供了丰富的物源，而陡峻的地形和较低的气温，使风化产物在水系中基本上没有长时间堆积而产生化学交换的条件，使大多数元素形成了“低谷”，As、Sb、Cu、Hg 等元素反映尤其明显。

2.2.2 昆中、昆南断裂带间的贵金属高背景区

Au、Ag、Sb、Bi 高背景，As、W 的低背景是本区的特征。元素异常多沿断裂带分布，与上古生界中基性火山岩的分布有关。

2.2.3 昆南断裂以南的 As、Sb、W 高背景区

本区除总体具有 As、Sb、W 较高，Au、Bi 较低的特点外，内部差异较大。沿洪水河北岸、兴军山－磨姑湖一带 Au、Cu、Hg、Ag 反映较好。

2.3 鄂拉山地区

2.3.1 元素丰度

本区与青南地区元素丰度对比（表 2）表明：①元素含量明显偏高的有 As、Pb、Sn、Mo、Be、F、Sr、Mn 等；比较相近的有 Au、Bi、Zn、Ag 等；明显偏低的有 Cr、Ni、Co、V、Mn、Ti、Hg、Sb、Cu、W、B 等；这与本区中酸性岩浆活动强烈，中基性岩浆活动较弱的特征相符。②区内成矿元素极大值与均值相比差异悬殊，Au 达 450 倍，W、Bi、As、Hg、Ag、Sb、Cu、Pb、Sn、Mo 等为数十倍，说明这些元素在区内均能形成局部富集，出现强异常。③在原始值中，Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg、W、Sn、Mo、Bi 等元素变化系数大于 50%，其中 Au、As、Sb、W、Bi 等元素变化系数大于 150%，可能形成明显的高强度异常。

2.3.2 元素组合关系

采用 R 聚类分析，在 0.1 相关水平上，本区元素明显分为五个簇群，新哲地区 As、Sb、

Au、Li、Cu、B、Bi、Sn、Ag、Pb等元素组合成一个簇群，为本区主要成矿元素，又可分为两个簇团，一为As、Sb、Au、Cu、Li、B，反映了金异常的形成与低温热液有关；一为Bi、Sn、Ag、Pb，反映了中高温成矿元素组合。共和地区Au、Sb、Hg元素为一个簇群，反映与低温热液活动有关。上述还表明As、Sb、Hg可作为本区找金的指示元素。

2.3.3 不同地质单元中元素的分布特征

区域上金在P_1、C_1、T_1地层中相对富集，下二叠统为砂岩、板岩夹灰岩及中基性火山岩，富集元素组合为Cu、Au、As、Sb、Hg，下石炭统为砂岩、页岩，富集元素组合为Cu、Pb、Zn、Sn、Au，下三叠统为砂板岩，Cu、Au具有较高背景。

本区晚印支期侵入岩中，花岗岩类表现出与W、Sn、Mo、Pb等元素矿化关系密切；闪长岩类表现出与Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Sn、Mo等元素矿化关系密切。

表2 元素区域背景含量及原始含量特征

元 素	极大值	极小值	均值	离差	变化系数	青南地区	区域比值	元素原始含量特征		
	max	min	x	δ	CV%	x_r	x/x_r	x	δ	CV%
Ag	2.25	0.04	0.068	0.015	22.3	0.07	0.97	0.076	0.072	95.9
W	137	0.4	1.4	0.6	42.8	1.67	0.84	2.0	5.4	270.9
As	830	1.4	11.2	6.4	56.6	11.14	1.01	19.7	37	187.7
Be	4.3	0.8	2.4	0.4	16.8	1.91	1.26	2.4	0.4	17.9
Ba	1835	79	518.6	143.1	27.6	447.9	1.09	523.1	154.2	29.5
Bi	24.5	0.07	0.25	0.12	50.3	0.27	0.93	0.5	1.1	227.5
Co	40.3	1	8.1	3.9	48.8	9.56	0.85	8.6	4.9	57.5
Cr	696	8.6	35.9	20.2	56.3	51.87	0.69	42.7	43.9	102.9
Cu	289	3.4	14.7	7.1	48.1	17.7	0.83	15.6	13.1	83.8
Li	153	7.9	28.2	9.4	33.2	33.48	0.84	31.5	16.9	52.6
F	3000	100	473.4	133.4	28.2	462	1.02	480.3	158.3	33.1
Mn	5028	132	666.7	234.9	35.2	514	1.3	691.8	301.1	43.5
Ni	94.5	1.6	15.3	8.9	58.3	20.5	0.75	15.7	9.6	61.5
P	1270	116	411.5	133.1	32.4	577	0.71	420.3	149.7	35.6
Sb	32.1	0.08	0.5	0.3	60.8	0.84	0.6	0.8	1.7	213.9
Sn	72	1.1	3.1	1.2	37.4	2.82	1.1	3.9	4.4	112.4
Sr	1228	40	205.2	66.6	32.5	77.9	1.15	219.9	114.3	51.9
Ti	8106	323	2559	948.4	36.5	3570	0.73	2619.5	987.6	37.7
C	11.5	0.5	2	0.8	39	2.05	0.98	2.1	0.9	43.4
Au	450	0.3	1.0	0.4	42.9	1.03	0.97	1.6	12	768.7
Hg	0.258	0.003	0.007	0.003	44.3	0.02	0.35	0.009	0.012	133.9
Pb	386	3.3	23.5	5.7	24.1	20.03	1.17	26.8	19.5	72.8
Mo	7.7	0.2	0.6	0.3	47	0.55	1.09	0.7	0.5	68.7
Zn	1507	12.1	56.1	17.1	30.5	57	0.98	60.9	57.1	93.8
Zr	493	23.2	155.6	41.5	26.7	275.3	0.57	157.5	45.4	28.8

注：含量单位，Au/10^{-9}，其余/10^{-6}。

2.3.4 地球化学分区

青海湖南山地球化学区，总体以 Sr、P、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 高背景，W、Mo、Bi、Sn、Sb、Pb、Ag 等低背景为特征；在江西沟－龙羊峡亚区中党家寺岩基一带，B、W、Mo、As、Sb、Au、Cu、Hg、Ag 等具有高背景，反映岩浆活动结晶分异作用完全，利于成矿元素的富集成矿。

龙漠尔－巴硬格莉地球化学区以明显富 Cr、Au、Fe、Pb、Zn、Cu、W，而贫 Be、B、As、Sb、Bi 为特征；本区西部 Cu、Au 有一定的富集趋势。

鄂拉山南部地球化学区，以明显富 Si、U、Th、La、Be、Mo、Ag、Cd、Bi、W、Sb、As、Pb，贫 Ca、Sr、P、Na、Cr、Ni、Co、Mg、Ti、V 为显著特点，反映了本区强烈的火山和岩浆活动。Au 及相关指示元素 Sb、Hg、As、Ag、Pb 等在乂叉龙洼－玛温根亚区明显富集，显示了该区热液活动强烈的特点。

2.4 北巴颜喀拉地区

巴颜喀拉地区区域元素富集明显有五组，即 Au(As、Sb、Bi)、Hg、Pb－Zn、Ag－Mn、W Sn。初步分析认为元素富集的成因是岩浆热液作用、层控－改造作用和表生作用三种类型，显示了其与地质构造间的明显关系。

Au(As、Sb、Bi)异常与地质构造及矿产间的关系：①与岩浆热液活动有关，该类异常分布在岩体出露区，元素组合以 As、Bi 含量高为特征，伴有 W、Sb、Ag 等元素，并有水系重砂黄金、白钨矿、锡石等异常，异常高浓度带分布在岩体边部，岩体边部接触带附近是寻找原生金矿的有利部位。②与层控－改造作用有关的异常，异常多分布在构造带上，其长轴延伸方向多为北西－北西西向，元素组合以 Sb 含量高分布范围大为特点，并伴有 As、Bi、Cu、Ag 等元素，各元素异常多呈低缓异常出现，该类异常元素主要富集在构造带裂隙系统中。③与表生作用有关的异常主要分布在第三系出露区，与第三系底砾岩含金有关，金颗粒大，具有寻找砂金矿的良好远景。

3 区域地球化学异常特征

据统计东昆仑地区有 Au 异常 34 处，Cu 异常 13 处，Ag 异常 9 处，Hg 异常 27 处，W 异常 18 处，Mo、Bi 异常各 14 处，Cr 异常 8 处，Sn、Sb 异常各 6 处，Za 异常 5 处，异常主要集中于昆中断裂带、昆南断裂带。昆中断裂带上 Cu 异常很醒目，其次为 Hg、Sn、Mo、Pb、Zn、Au 异常，此带的 Hg 异常多在昆中北侧的断裂带中分布，一般异常低缓；Mo、Sn、Pb、Zn 异常多与时代较新的酸性岩相随，向 Au、Cu 异常与基性火山岩层关系密切。昆南断裂带上以 Sb、Au、Hg 异常最为突出。其次为 Cu、As、W 异常，此异常具分段特征。以马尔争为界，东段异常组合复杂，Cr、Ni、Co 成分增多，出露范围与区内分布的基性侵入岩相吻合，西段异常组合简单，常出现 Au、As、Sb 简单类型，都兰地区的异常中，Pb、Ag、W、Bi 等占绝对优势。

4 找矿意义

地球化学特征和地球化学异常特征对于金矿找矿有着明显的指示意义，特别是金地球化学异常与其它元素地球化学异常的组合在金矿找矿中意义更明显，下面以东大滩地区为例说明其意义。

1:50 万区域化探扫面在东大滩地区圈出了 AS113、AS114 和 AS115 以 Sb、Au、As、Hg 为主的综合异常，其中 AS115 异常位于东西大滩分水岭附近的昆仑山两坡。异常区内地层出露简单，下二叠统碳酸盐组分布在异常区北部，区内大面积出露下三叠统巴颜喀拉群砂板岩，岩浆活动不发育，仅见小的石英脉、花岗斑岩脉和花岗闪长岩脉。异常区南北分别发育有 NW 向和近 EW 向的北巴颜喀拉和昆南断裂带。

区域异常以 Sb、Au 为主，伴有 As、B。其中 Sb、Au、As 异常峰值高、衬度大，其外、中、内浓度分带，异常套合程度很高(图 1)，该异常 Sb 评序指数列全区第一，Au 评序指数列全区第二。

采用水系沉积物加密为主，辅以路线地质踏勘、岩石(土壤)地化剖面控制等方法，对 AS115 异常进行了查证。

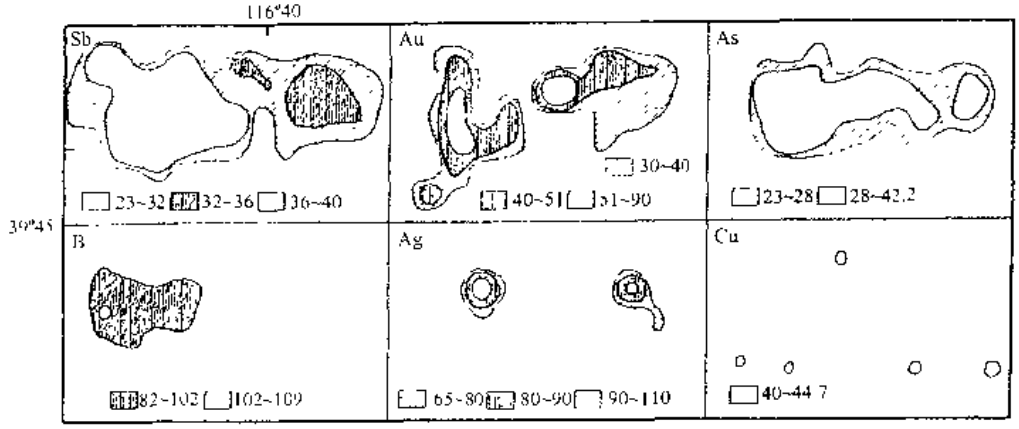


图 1　东大滩 AS115 异常剖析图

1:5 万水系沉积物加密证实区内 Au、Sb、Cu、As 皆有异常存在(图 2)，且异常强度进一步增强、其中 Au、Sb 异常在锑矿沟附近最好，Au 峰值达 35.8×10^{-9}；Sb 峰值为 44×10^{-6}；其面积 Au53.25km^2，Sb44.85km^2(因冰川覆盖，向南尚未封闭)。异常高强度带分布在锑矿沟上游，呈 NW 走向，长度大于 10km。

地质踏勘采集样品分析 Au 含量大于 100×10^{-9} 20 件，其中 7 件大于 1000×10^{-9}，进一步追索发现了一处辉锑矿露头和多处转石，分析 Au 含量在 $1\times10^{-6}\sim10\times10^{-6}$ 间，7 条岩石(土壤)剖面多有异常显示，初步证实了延长大于 3km，走向 310°的矿化带存在。矿化带与 1:5 万水系沉积物 AS115－Ⅰ异常吻合极好。

后经青海化探队对该异常进行金锑矿产普查，工作手段以 1:1 万土壤测量、1:1 万地质草图测量和槽探工程揭露为主。

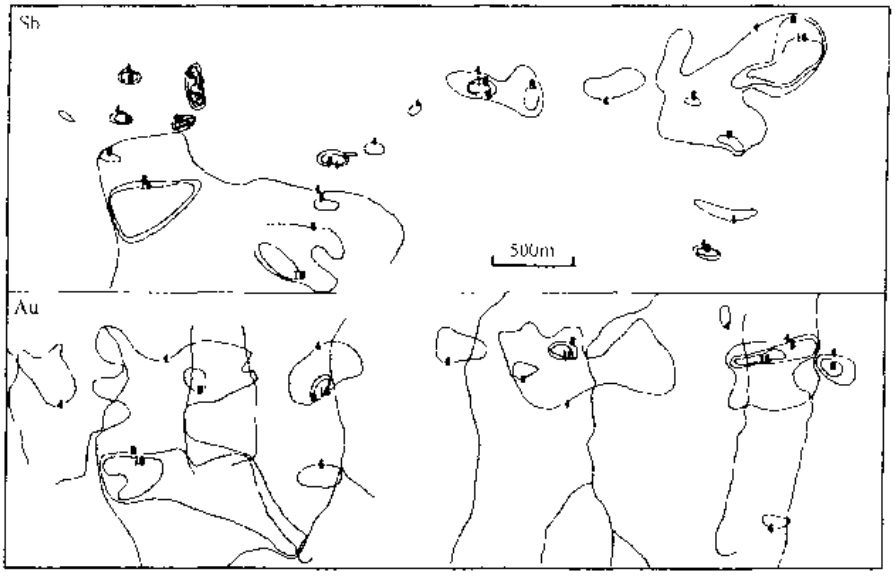


图 2　东大滩 AS115 异常 1:5 万水系沉积加密 Sb、Au 异常图

土壤测量将原 AS115－1 异常进一步分解成 NWW 向展布的三个带状异常(图 3)，南异常带与已知矿化带范围一致，规模也最大，Au 峰值达 2500×10^{-9}，Sb 峰值达 530×10^{-6}；中异常带形态规整，浓度分带清楚，最高含量 $Au920\times10^{-5}$；相比之下，北异常带相对较弱，且 Sb 异常分布较 Au 异常位置偏南。

进一步工作在南异常带发现四个工业矿体群、21 条工业矿体，达到金小型、锑中型共生矿床规模，单个矿体最长 500m，宽度 20m，品位 $Au3\times10^{-6}$；Sb0.7%～59%。矿体赋存于下三叠统砂岩组顶部，含矿岩石为石英脉、片理化(千糜岩化)长石石英砂岩。

东大滩异常查证和金锑矿产普查工作初步证实：

(1)异常加密查证，异常重现率好，且强度有所增高，异常带展布更趋明确。矿产普查证实本区异常是由矿化体引起的。普查工作仅限于南土壤异常，从异常特征分析，北带和中带异常也具很大的找矿潜力。武警黄金千四支队 2000 年在中带开展金矿预查工作，已初步发现长度大于 5km 的金矿化带。

(2)在已控制长达 8km 的矿化段东西两端均已发现较好的矿点和矿化露头。证明矿带尚有较大的延长。

(3)已发现的矿体矿化范围随高拔高度增加而变宽、单脉变薄，但却随高度下降，单矿体变厚，矿石品位变富，表明矿体并未遭受强烈剥蚀，深部找矿前景乐观。

东昆仑地区 1:50 万水系沉积物测量在昆仑山口→西大滩→东大滩→西藏大沟→阿拉克湖一带圈出了一系列以 Sb、Au、As、Hg 为主的综合异常。异常明显呈近东西向和北西向两个带沿昆南、北巴颜喀拉断裂带展布。从地质构造背景、异常特征分析及东大滩地区 AS115 异常查证与东大滩金锑矿化特征看，该区应是具较好找矿潜力的金锑成矿区带。

AS115 异常经 1:5 万水系沉积物加密测量圈出了四个 Au 为主的综合异常。异常总体沿昆南断裂带南侧呈近东西向带状展布，除 AS115－1 南部靠近北巴颜喀拉断裂带呈 NW 向不规则长条状处，AS115－2、AS115－3、AS115－4 均呈近东西向条带状。通过对

本区 1:5 万水系沉积物异常特征的分析认为：

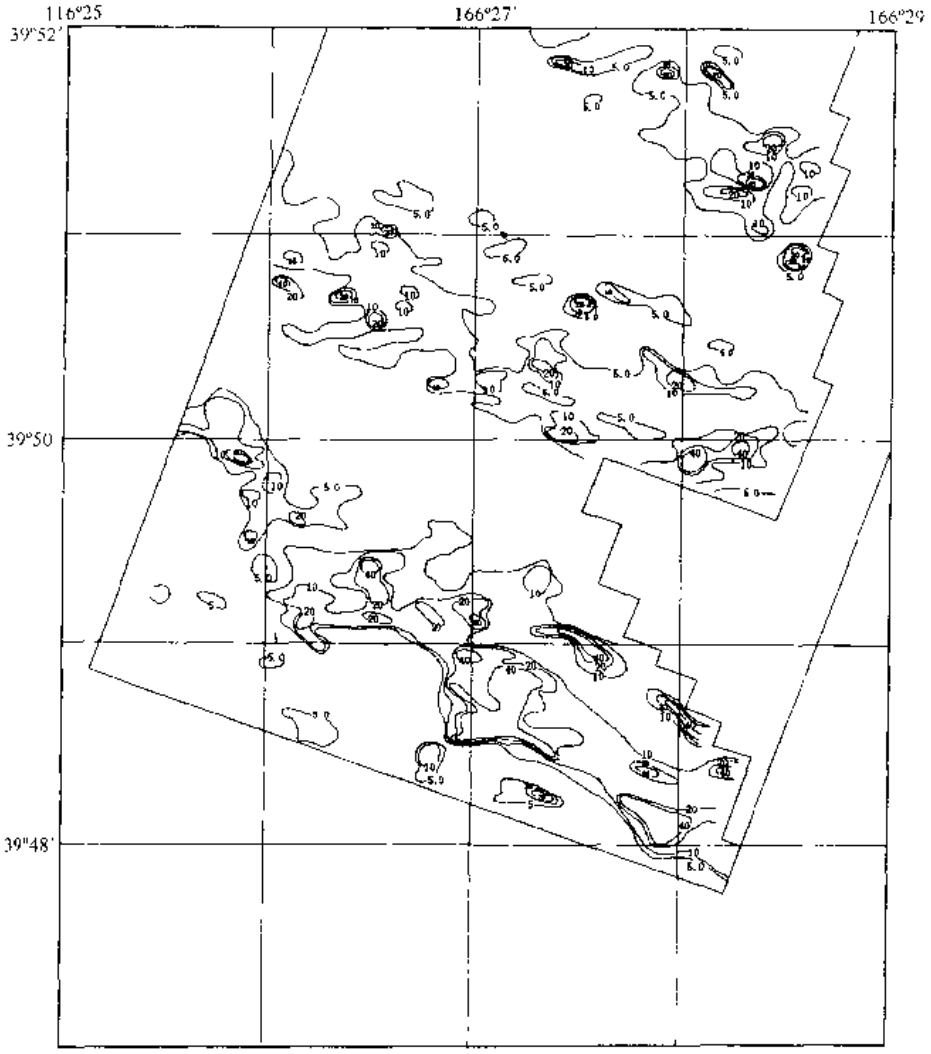


图 3　东大滩锑矿沟一带 1:1 万土壤 Au 异常图

(1)区内除已知 AS115－1 南部的已知锑矿沟北西向矿化带外，应存在沿昆仑山北坡的近东西向矿化带.

(2)在锑矿沟以西的西大滩地区，虽超越 1:5 万范围，但其位于近东西向和北西向矿化带的交汇部位，应是更好的成矿有利部位。

野外采用路线地质调查和岩石(土壤)地化剖面测量对上述成矿有利部位进行了检查

(1)AS115－4 二条地化剖面均有较好的 Au 及相关的 Cu、As、Sb 异常显示，在异常范围内发现了近东西向的片理化、千糜岩化、碎裂岩化构造破碎带，发现了二条含金矿化目标体，金品位 1.27×10^{-6}～2.30×10^{-6}。

(2)AS115－2 二条地化剖面均有较好的金异常显示，发育有近东西向构造破碎带和北西向、北东向次级断裂破碎带，含金为 0.1×10^{-6}～0.49×10^{-6}。

(3)在西大滩地区发现了较好的辉锑矿化露头点，蚀变花岗闪长岩脉金品位达 16.4

$\times 10^{-9}$。

上述事实证明，1∶50万水系沉积物异常在东昆仑地区具有较好的找矿指导意义，采用1∶5万水系加密测量和地质调查、地化剖面测量是检索1∶50万异常、追查异常源的有效方法，在此基础上，以1∶1万土壤测量、地质草测、地化剖面测量和必要的槽探揭露达到确定矿化规模，提供普查找矿和钻探验证后备基地。

金的数显离子选择化学传感器的性能特点及应用前景

杨理勤　李维明

（武警黄金地质研究所，河北 廊坊，065000）

摘　要　本文介绍了自制的金的离子选择化学传感器与智能数显分析仪配套后的性能特点，旨在实现金的野外分析简捷，测定准确，更好地为黄金地质找矿服务。根据初步试验，展望了它在金的野外快速分析中的应用前景

关键词　金　传感器　应用

1　方法原理

1.1　制作方法

金的离子选择化学传感器（自制）[1]-[3]：丁基罗丹明B－四氯合金配离子为活性物质，氯化钠为支持电解质，聚氯乙烯为固化剂，光谱纯炭棒为支持电极。环氧树脂为密封绝缘材料，以屏蔽干扰的导线为电极引出线，通过专用接口与数显仪连接。

1.2　工作原理

自制的金的传感器与甘汞参比电极组成工作电极，并与数显仪连接。利用直接电位法测定，电位与金离子浓度的关系如下：

$$E = E_0 + 0.0592\lg[AuCl_4^-]$$

2　性能特点

2.1　传感器性能参数

（1）响应时间：仪器正常情况下，标准溶液在15秒，样品浑浊液在30秒内显示结果。

（2）活化参数：新制传感器使用前必须经过活化[4]，在选择的介质中电位变化数表征活化参数，不同工艺条件影响活化参数。本文测得的三个传感器的活化参数（电位波动值）分别为0.0－1.0－3（mV）。

（3）内阻及寿命：用万用表电阻挡直接法测得传感器内阻为0.1－0.2MΩ；室内在澄清液中可连续使用3个月以上，野外在浑浊液中可连续使用寿命为1－2个月。

主要作者简介：杨理勤，男，1964年生，工程师，主要从事化学分析研究。

(4)适用的介质条件:可用酸度为 pH 值 0.1～4.7,最佳适用酸度 pH2.1～4.7(图1);卤素和醋酸的钾、钠、铵等盐均可适用。

(5)选择性:样品测定实验结果表明,一般金矿样品中的伴生元素 Pb、Zn、As、Sb、Hg、Cu、Ni 等无明显干扰。

(6)检出限:根据响应曲线(图2)得到的检出限为 0.3×10^{-6} mol/L。

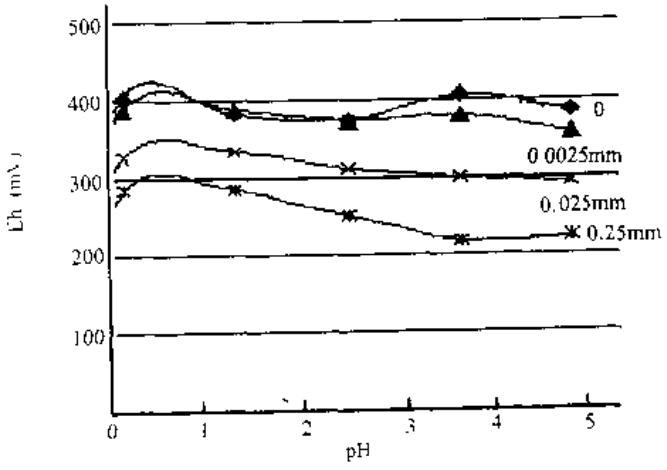


图1 酸度曲线

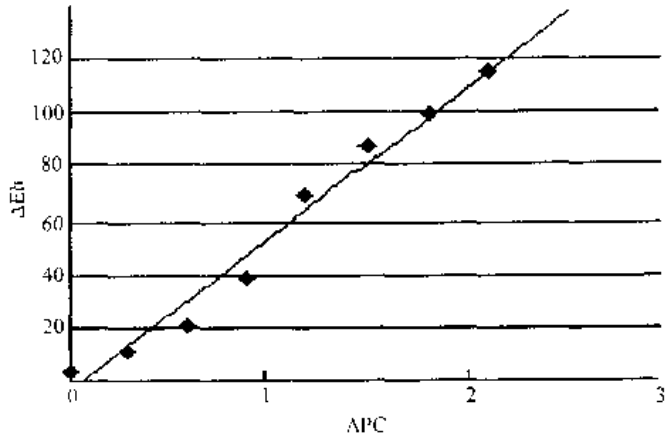


图2 响应曲线

2.2 主要特点

(1)与已经成功应用于野外的测金技术手段相比,操作流程明显简化:如 WJ-2 型野外快速测金箱(武警黄金地质研究所)、XBG-1 型金及多元素快速分析仪(国土资源部物化探所)、MIA-3 型微机化多功能离子分析器(中科院土壤所)等基本分析流程是:样品加工-样品分解-富集解脱-形成可测物质形态(有色物质或发光物质);本法完全省略了富集解脱过程,实现了样品分解与测定连续进行,浑浊液与澄清液实验表明完全可以在浑浊液中进行测定(参看图3)。

(2)配置的样品分解方法所需化学试剂种类少,使用浓度低,操作简单、具有便携和环保特点。

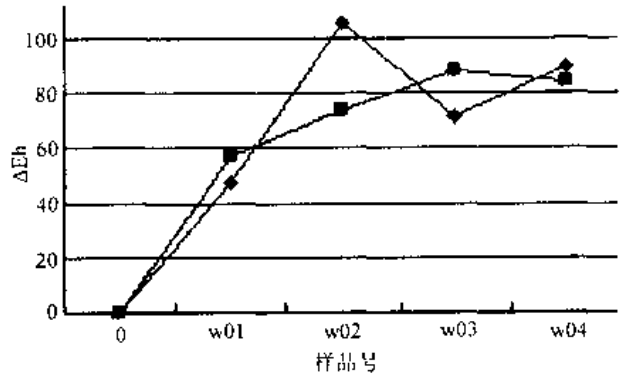


图 3　方法对照

■ 浑浊液；◆ 澄清液

3　应用前景

对于含金品位在 0.5×10^{-6} 以上地质样品按操作方法可以数字式显示分析结果，明确区分围岩和矿体、不同含金品位的矿体(参看图 4)。通过进一步改进传感器性能参数，优化辅助配置，在以下方面具有广阔的应用前景：

(1)适用于野外普查找矿，准确捕捉含金目标体，迅速判定矿脉坑、槽、钻探样品的含金品位。

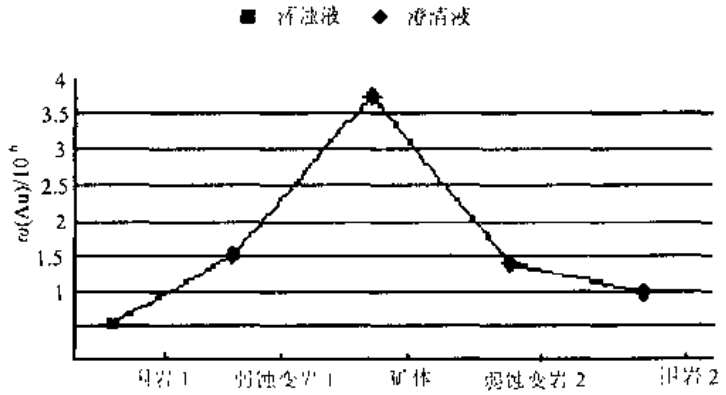


图 4　分析结果

(2)可替换或改造现行的野外快速分析箱(如 WJ－2 型)，也可与之配合使用，可以更加简便、快速、直观地测得样品的金品位。

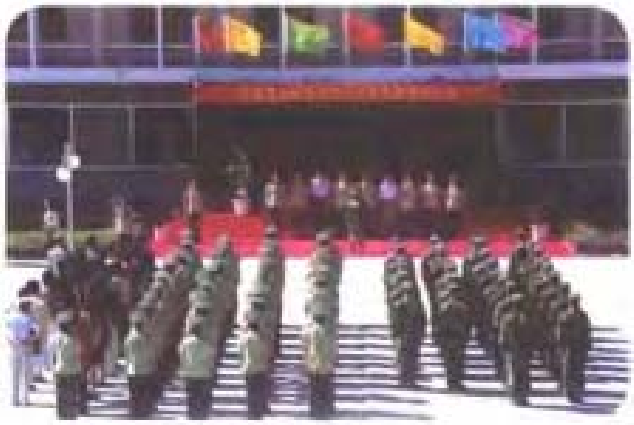
(3)与找矿新技术新方法(活动态金属测量)配合使用，对于野外了解金的赋存状态等具有潜在的应用价值。

参考文献

[1]秦天莺.但德忠,分析化学,1989,17(4):328～330。
[2]张文芳,杜榕,邹风军等,分析化学,1987,15(6):566～567。
[3]董绍俊.车广礼,谢远武,化学修饰电极,北京:科学出版社,1995:16～33。



指挥部主任张振远少将亲切关怀西进官兵



鼓舞士气——出征誓师



武警黄金地质研究所营区全貌



所长卫万顺同志在唐古拉山口进行战前动员



响应号召——战将西进



中国地调局资源部主任王瑞江同志到会指导



大会会场



黄金指挥部参谋长廖征西同志到会指导



中科院地质所沈远超研究员作学术报告



黄金指挥部副总工程师闻凤增同志到会指导



黄金地质研究所所长卫万顺同志致欢迎词



总队、支队的领导和同志们参加会议



样品采集



仔细研究



运筹帷幄



高原安营



认真讨论



中国地调局资源部主任王瑞江同志到会指导



大会会场



黄金指挥部参谋长廖征西同志到会指导



中科院地质所沈远超研究员作学术报告



黄金指挥部副总工程师闵凤增同志到会指导



黄金地质研究所所长卫万顺同志致欢迎词



总队、支队的领导和同志们参加会议