文章编号: 1009-6248(2005)03-0054-07

党河南山金地球化学场研究

何进忠[1.2], 金治鹏[1.3], 芦青山[3]

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 73000;
3. 甘肃地勘局第二地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 地层中金的高丰度及出现金矿床(点)是表征“高大”金地球化学场存在的主要标志。强烈的地表水的冲刷作用与干旱蒸发环境相结合, 在相对发育中基性火山岩的党河南山一带形成了既高又大的金地球化学场。变异系数是识别高值区岩金成矿有利程度的敏感指标, 金元素的强烈的分异作用与区域地质作用有关。粘土化蚀变在不同的尺度下均具有找矿指示意义。K、Al、Sn 是金成矿的重要指示元素, K、Al、Sn、Au、As、Sb 六元素的二态值累加等值线图指示黑刺沟一带的成矿远景优于扎子沟一带, 说明定量地球化学变量的定性组合在矿床(田)的定位预测中具有重要意义。

关键词: 党河南山; 金地球化学场; 变异系数; 粘土化蚀变; 指示元素
中图分类号: P618.51 **文献标识码**: A

党河南山指祁连山西段月牙湖—盐池湾以南地区, 为一北西走向的高山区, 长约 100 km, 宽约 30 km, 流域面积约 9 640 km^2。与其他地区相比, 该区金地球化学场以其“高、大”而引人注目, 矿化普遍, 几乎沟沟见砂金。自 20 世纪 90 年代以来在异常区相继发现了黑刺沟、贾公台等金矿, 但这与本区金的地球化学场规模相比, 很不协调。进一步找矿的前景究竟如何?

1 地球化学景观及地质背景

1.1 地球化学景观

党河南山地处干旱荒漠景观与高寒山区的过渡地带, 气候、植被的垂直地带性特征明显。地势险峻, 海拔 3 000～5 000 m, 相对高差 500～1 000 m, 年平均气温低于 10 ℃。降水多集中于 6～7 月, 降水期河水随之暴涨, 其他季节河水低落, 年降水量(100～200 mm)小于年蒸发量(1 250～1 500 mm)①, 总体处于干旱蒸发环境。山前地区海拔在 3 000～4 500 m, 属于旱荒漠景观, 岩石裸露或发育极端稀疏高山草甸植被。冻土层每年在夏季沿裂隙自地表向下融化 1 m 左右, 秋后由积雪融水补给。山系主体海拔在 4 000～4 500 m 以上, 应属高寒山区, 气候寒冷, 甚至终年积雪, 并形成一定规模的山岳冰川[1], 或有苔原植被; 以物理风化作用为主。

水系沉积物中细砾卵石占 50% 以上, 中粗粒砂约为 30%～50%, 以碎石及粗粒碎屑物为主。物理风化作用及洪水的机械搬运作用是该区地表碎屑物运移的主要营力, 元素迁移距离一般为 2～5 km。最终样品截取粒级为 20～80 目, 属于砂屑成分。碎屑

收稿日期: 2005-04-01; **修回日期**: 2005-06-16

作者简介: 何进忠(1963-), 男, 1963 年 10 月生, 1984 年毕业于西安地质学院地质矿产调查专业, 2004 年获中国地质大学矿产普查与勘探专业工学硕士学位, 现在甘肃省地质调查院工作, 长期从事矿产地质与矿床地球化学预测模式研究, 先后发表论文多篇。

①青海省地球化学勘查队. 高寒山区、干旱荒漠区区域化探方法技术的推广应用. 1990.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

物中CaO 的高富集系数为 2.0～2.6, 表明沉积物搬运介质应为偏碱性。

1.2　地质背景

以党河为界将本区分为两个二级构造单元, 南部党河南山属南祁连裂谷带, 北部为中祁连被动陆缘断隆带。在党河南山, 出露地层主要为奥陶系和志留系。奥陶系下统吾力沟群为基性及中酸性火山岩夹碎屑岩, 顶部有厚层灰岩; 中上统盐池湾组为碎屑岩夹灰岩, 局部有中酸性侵入岩、火山岩。志留系为中基性火山岩夹砂岩、千枚岩及中酸性火山岩等。褶皱形态为复向斜, 断裂构造发育, 构造迹线方向与地层一致。岩浆活动强烈, 呈岩枝或岩株状产出, 岩性为闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩, 与金矿化存在空间上的对应关系。

已发现金矿床 (点) 有黑刺沟、贾公台、振兴梁、狼扎沟、东洞沟、白石头沟等 6 处。从成因上及空间关系上可以认定属一个矿田, 其中具代表性的矿床有蚀变岩型黑刺沟中型金矿和石英脉型贾公台中型金矿[2]。黑刺沟金矿的主要载金矿物为毒砂, 部分为裂隙金、粒间金及包裹金。围岩蚀变有次生石英岩化、绢云母化、粘土化、碳酸岩化、毒砂化、黄铁矿化等。贾公台金矿中金主要为裂隙金、粒间金等, 围岩蚀变有硅化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸岩化、黄铁矿化。

2　金的区域地球化学场

2.1　空间分布及数值特征

党河流域一带水系沉积物金元素地球化学图见图 1, 有关特征参数见表 1。与其他地区相比, 整个流域的金含量均为中高值 ($> 1.25\times10^{-9}$), 流域内水系沉积物的金平均值为 $2.523\,6\times10^{-9}$, 是全国平均值的 1.812 倍 (即富集系数)。偏度及变异系数指示具有较高的分异程度及接近于正态分布。金在南祁连裂谷带和中祁连被动陆缘断隆带两个二级构造单元内的分配截然不同, 明显富集于党河南山的南祁连裂谷带, 应为一个地球化学域。进一步可以以 $> 2.5\times10^{-9}$ 圈出了A (扎子沟一带)、B (黑刺沟一带) 两个高值区。

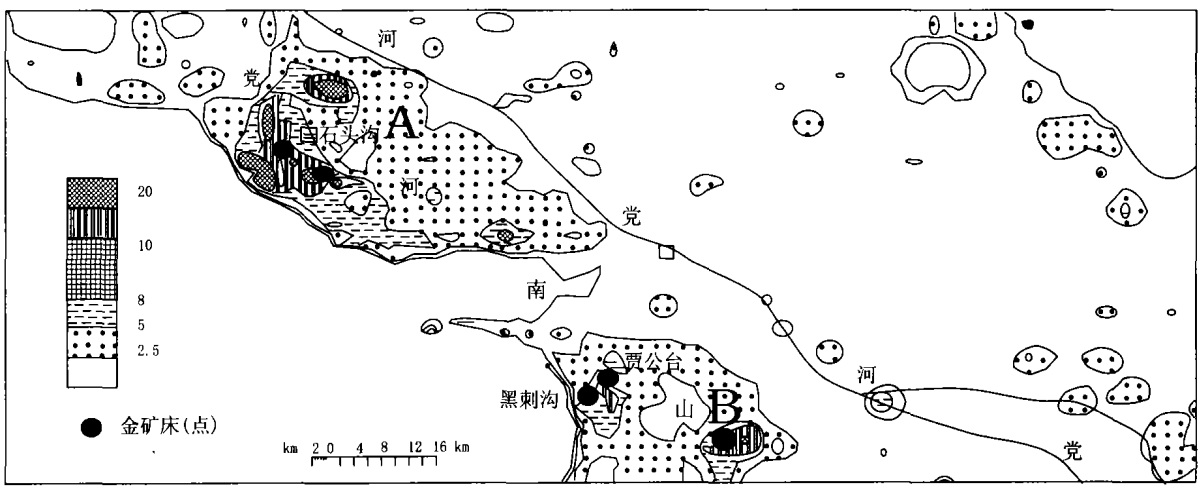


图 1　党河南山地区金地球化学示意图

Fig. 1　Gold geochemical map in the Danghenanshan mountains, Gansu province

比较A、B 两个高值区, 仅A 区面积大于B 区, B 区的变异系数大于A 区, 其余参数二者基本相当。将两高值区的相应参数与全域 (图 2) 相比较, 丰度、偏度及富集系数明显增高, 但A 区的变异系数低于全域, B 区的变异系数明显高于全域。多年来在该区金矿勘查成果表明, B 区已查明中型金矿两处, 金矿点多处, 而在A 区只查明一处金矿化点。因而, 变异系数可能是区分两个高值区成矿有利度的敏感指标。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

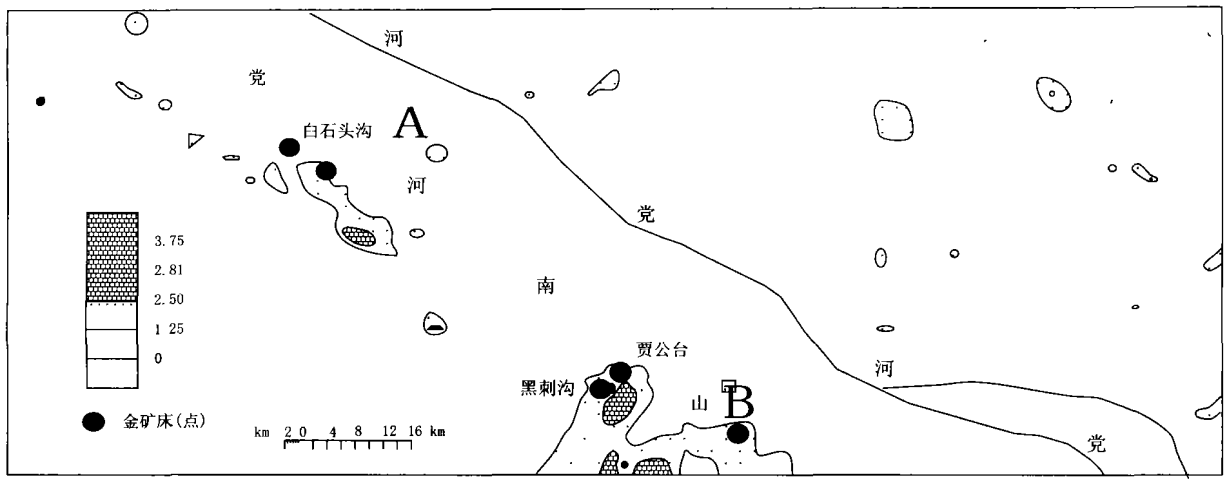


图 2 党河南山地区钾铝锡金砷锑二态值累加等值线图

Fig. 2 Contour map of accumulative biary value of potassium, aluminum, tin, gold, arsenic, and stibium in the Danghenanshan mountains, Gansu province

表 1 党河南山金浓集区金元素参数特征

Tab. 1 Parameters of gold in gold concentration areas of Danghenanshan mountains

金浓集区名称	异常下限值 (10^{-9})	样本 (N)	面积 (km^2)	平均值 (10^{-9})	变异系数 (C_v)	偏度 (C_s)	偏度临界值 (C_0)	最大值 (10^{-9})	富集系数 (k)
图示全域	1.25	2 410	9 640	2.523 6	0.933 2	0.001 45	0.0499 0	40	1.812
A	2.5	348	1 392	5.686 7	0.724 2	1.519 2	0.131 3	40	4.085
	5.0	139	556	8.892 0	0.558 1	3.090 4	0.207 7		6.387
	10.0	29	116	16.141	0.407 4	1.956 4	0.454 8		11.59
B	2.5	159	636	5.132	1.566 3	1.967 1	0.194 2	15	3.686
	5.0	57	399	8.140	0.366 3	1.439 8	0.324 4		5.847
	10.0	10	40	14.1	0.097 5	- 0.872 8	0.774 6		10.129

仿照地球化学子块体的圈定方法①，通过逐步抬高异常下限至 5×10^{-9}、10×10^{-9} 来分别圈定浓集区；计算相应浓集区的特征参数并与高值区相比较。结果表明面积、变异系数及偏度均逐渐降低，金元素的强烈的分异作用与二级地质单元尺度的区域地质背景有关，而非局部地质作用产生。

2.2 元素组合

选择金高值区A、B 的区域化探样品，在限定特征值> 1.0 获得与 8 个因子相对应的元素关联组合(表 2)。

(1) A 区的金与其他亲硫元素Cu、Pb、Zn 等与

表 2 党河南山A、B 高值区主成分分析关联组合

Tab. 2 Principal tactors respectively corresponding to high value area A and B in Danghenanshan mountains

因子	A 高值区	B 高值区
F1	Zr Y V Ti P Nb F	Al Zn V Ti P Ni Mn Mg Fe Cu Cr Co
F2	Al Zn V Mn Fe Cu Co Au	Th Si K Be
F3	Al Sn Th Si Pb Li La K Be	Y U Nb Li La K F
F4	Ag Sb Mo Cd Ba	Hg Na
F5	Na Ba	W Sb Ba As
F6	Ni Mg Cr Co	Pb Bi
F7	Hg	Au Ni K
F8	W Bi	Zr

① 谢学锦，刘大文．地球化学块体——概念与方法的发展，矿产资源调查与评价的方法技术．2001.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中基性火山岩有关, 它们与Al关系密切, 可能与粘土化蚀变有关; B 区的金有显著的独立成矿特征, 并与一定规模的钾化蚀变有关, F1 中Al与铁族元素出现则表明B 区热液蚀变强于A 区。

(2) 陆源碎屑岩的指示元素在两高值区均较明显 (Th、Si、K、Be 等), 而A 区还存在与超基性岩有关的元素 (Ni、Mg、Cr、Co), 以及代表张裂型构造环境的高场强元素 (Zr、Y、V、Ti、P、Nb), B 区中出现的花岗岩偏碱性 (Y、U、Nb、Li、La、K、F)。

3　“高大”金场形成机理的讨论

3.1　地层中的金及其表生富集作用

区内出露地层主要为奥陶系、志留系, 表 3 给出了地层中水系沉积物金平均值及其他指示元素的特征值。与全国水系沉积物平均值相比, 本区的奥陶系和志留系均明显富集Au、As、Cu、Zn, 是形成“高大”金地球化学场的主要物源。由于采样介质主要为砂屑成分, 这些元素应以重矿物形式存在于样品中, 如, 自然金、褐铁矿等。

表 3　主要地质单元中金及其指示元素的特征参数 (水系砂屑沉积物)①

Tab.3　Parameters of gold and its indication elements from stream gravel in main geological units

元　素	含　量	全国水系沉积物平均值	奥陶系 (O, 样本= 146)			志留系 (S, 样本= 102)		
			平均值 (X)	富集系数 (K)	变异系数 (Cv)	平均值 (X)	富集系数 (K)	变异系数 (Cv)
Au	10^{-9}	1.68	5.26	3.779	0.838	3.536	2.540	0.897
As	10^{-6}	10.71	18.706	1.916	0.549	16.983	1.739	0.203
Sb	10^{-6}	0.97	0.540	0.591	0.394	0.797	0.813	0.476
Cu	10^{-6}	22.96	36.333	1.559	0.237	34.311	1.472	0.342
Al_2O_3	10^{-2}	12.58	13.051	1.038	0.097	12.362	0.957	0.111
K_2O	10^{-2}	5.6	2.427	1.046	0.203	2.380	1.009	0.220
CaO	10^{-2}	2.09	5.543	2.652	0.520	5.247	2.050	2.337

中基性火山岩及含金硫化物中的金氧化后可能以硫酸盐络合物、水合离子、胶体金、有机络合物等形式存在于地表物质中; 因地表介质中缺乏还原环境存在的前提, 可以设想造成金进一步富集的主要地质作用中除地表水的机械分异作用外, 在干旱蒸发环境下地表物质中广泛存在的可溶盐类物质进入地表水以后很容易引起胶体金的沉淀, 与地表水的冲刷、分异作用促成了地表碎屑物中金的进一步富集; 局部出现的金的“高大”地球化学场不一定由“原生金矿”引起, 要形成规模金矿床还必须有后期岩浆侵入活动。大、小兴安岭北部地区砂金与岩金的空间位置关系同样证明, 富金的地层可以在表生作用下形成砂金矿床及强度高于规模金矿床上方的地球化学场, 且偏碱性花岗岩体的存在是形成规模岩金矿床的必要条件[3]。

3.2　金矿田上金的表生作用

3.2.1　表生分散作用

由区域地球化学场特征与矿床地质特征可以看出: 6 个已知金矿床 (点) 中仅有黑刺沟、贾公台、狼扎沟 3 处为金的浓集区, 含量值约为高值区的两倍 (10×10^{-9}～15×10^{-9})。高值区下限与浓集区下限的相对误差 RE < 66.6%, 说明在金的分析质量允许范围内, 高值区与浓集区下限的差异是不显著的。因此, 金矿床上方的金异常可以由高值区至浓集区构成的一个区间来描述, 在本区即为 5×10^{-9}～15×10^{-9}。由于该值相对原生晕金异常值②(173.8×10^{-9}) 下降了 6～600 倍。所以金矿田上金的表生分散作用主要发生于载金岩屑进入水系之前, 主要由风化及地表崩落等淋失作用及机械混匀作用引起。

3.2.2　表生介质中金的存在形式

(1) 矿石: 黑刺沟金矿石中金存在于 Sb Ag W Au-Cu Cr Ni、As Hg Au-Zn Cr 两个元素组合中

① 甘肃省地勘局物探队. 别盖幅、月牙湖幅地球化学图说明书, 1996.

② 长安大学地球科学与国土资源学院南祁连课题组. 甘肃南祁连党河南山北坡金铜矿产成矿规律、控矿因素研究及找矿靶区优选研究报告. 2000.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(表 4), 表现为金矿石与粘土质岩石相伴的特点, 地质上表现为硅质胶结石英细卵砾岩和粘土质碳酸质胶结胶结石英细砾岩。

(2) 岩屑: 岩屑中以金为因变量的回归方程为:

表 4 党河南山金矿地球化学特征表

Tab. 4 Geochemical characteristics of gold deposits in Danghenanshan mountains

产 地		黑刺沟	贾公台	振兴梁	狼扎沟	东洞沟	白石头沟
规 模		中 型	中 型	矿 点	矿 点	矿 点	矿 点
区域地球化学	高值区	Zr Ba Li Be Zn Hg B Cr Ni V W Y La Nb	Zn Au Ag Sn W Li Si Fe	Zn Ag Sb Sn Li Si Al	Ag Sb Sn W Cr Ni Co Li F Al Fe	Cu Zn As Au Sn Cr Ni Co Li Si Al Fe K	Au Mn W Pt Pd
	浓集区	K Al Sn Au As Sb	Al K As Sb	Au	Cu Zn As Au K	Sb	Ca
	金含量(10^{-9})	5~10	12	15	5~8	5~8	3~5
矿石地球化学	元素组合	Cu Cr Ni- Sb W Ag Au, B Ni Co- Cr, Pb Sb Mo Ag, Zn Cr- As Hg Au	Au Cu Mo Pb Ag	Au As Hg	Ag As Hg	Ag As Hg	缺
	金含量(10^{-6})	1~111~130	1~27	1~5.2	1~179	1~5	

$$Au = -2.94 + 2.41Ag - 0.18Cu - 0.79Pb + 2.92Zn + 0.03As + 0.47Sb + 0.65Bi + 1.93Hg - 0.56Mo$$ ①。

Au 的存在形式与 Ag、Hg 密切相关, 说明矿石中的 Au、Hg 及 Au、Ag 关系在岩屑中依然存在。

(3) 水系沉积物: 对 Au 与其他元素的回归方程为:

A 区: $Au = 6.337 - 0.108\,59Al + 0.074\,4Ti + 0.055\,8P + 0.706Cu - 0.227V - 0.060Ca - 0.123Fe$。

B 区: $Au = -10.899 + 0.475Al + 0.183Si + 0.105P + 0.310Mn + 0.346F + 0.190Cu + 0.436Cr - 1.060Fe$。

在 A 区 Ti、Cu 的回归系数指示其中的 Au 可能主要存在于岩浆岩的岩屑中, 而 B 区 Al、Si 的回归系数指示其中的 Au 可能主要存在于低温热液的蚀变产物高岭石、石英等蚀变矿物中。从更大的范围看, 金与粘土化、绢云母化等钾化蚀变有关, 而金与硫化物之间的相关关系已消失。在表生条件下元素迁移有如下演变: 矿石建造中的硅质矿物、粘土、毒砂等硫化物—岩屑中的粘土、毒砂等硫化物—水系沉积物中的粘土矿物等。

3.2.3 金的表生作用机理

(1) 表生溶解: 黑刺沟金矿田诸矿床 (点) 中广泛存在的载金矿物毒砂、黄铁矿等氧化后产生的酸性溶液使金可能以硫酸盐络合物的形式迁移, 由于每年仅在夏季融化地表 1 m 左右以内的裂隙水, 岩石中金的氧化及硫酸盐络合物、水合离子等溶解作用可能主要发育于地表以下 1 m 以内。

(2) 表生聚合: 金在表生条件下的聚合可能有两种情况: ①在氧化带中原生金矿中的微细粒金被淋蚀聚合而形成明金; ②金矿上方以硫酸盐络合物的形式迁移分散的金进入更高一级水系后, 由奥陶系—志留系组成的地层区域的偏碱性环境及可溶盐类的存在使其迁移形式有可能改变为金的氢氧络合物或发生胶体聚沉等。

4 指示元素确定及成矿预测

4.1 Al、K、Sn 是黑刺沟金矿田蚀变围岩的指示元素

典型蚀变岩石, 如硅化、粘土化、钾长石化蚀变岩的主要成分是 Al、K、Si, 而 Sn 在花岗岩中主要以分散形式存在于黑云母中。

在浅成热液成矿系统中, 高岭石和地开石指示了两种完全不同的环境: 前者温度较低, 后者温度较高。绢云母同样可按其成分的微细变化分出贫铝和富铝两种, 贫铝绢云母形成于热液上升和溢出带,

① 长安大学地球科学与国土资源学院南祁连课题组. 甘肃南祁连党河南山北坡金铜矿产成矿规律、控矿因素研究及找矿靶区优选研究报告. 2000.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

而富铝绢云母形成于海水下降补给带①。因此, 从地球化学角度讲仅从Al、及以绢云母形式存在的K 的含量高低难以判断是上升水带或下降水带造成的热液蚀变; 同时地表条件下钾长石有可能未发生明显水解作用而被沉积[4], 钾长石的存在能较好地指示了成矿热水作用带, 但是以钾长石形式存在的钾也可能反映的是钾长石质碎屑岩。然而 Sn 元素一般来源于深源高温热液导致的黑云母的绢云母化蚀变[5], 所以只有Al、Sn、K 组合可较好地区分出相应的与成矿有关的高温的上升水带造成的热液蚀变。

4.2 成矿指示元素及成矿预测

浓集区元素组合表明K、Al、Au、As、Sb、Sn、Cu、Zn 是该系列矿床的成矿指示元素, 其中K、Al、Sn、Au、As、Sb 是它们共有的指示元素, 可以用于地圈定成矿远景区。其定量化的指示为: 出现 K、Al、Sn 时矿床应具有一定规模, 如, 黑刺沟金矿; 钾、铝、锡、金、砷、锑六元素的二态累加异常等值线图较其它变量的等值线图更客观地反映了区域内的金的主要成矿远景区, 如金地球化学场B 高值区(黑刺沟一带) 的岩金找矿前景明显优于A 高值区(扎子沟一带, 图 2)。

5 结论

通过上述对党河南山一带对金的地球化学场进行研究, 可以得出以下结论。

(1) 党河南山一带金的“高、大”地球化学场与地层中金的高丰度是直接相关。强烈的地表水的冲刷作用与干旱蒸发环境相结合, 在相对富含中基性火山岩的党河南山一带形成了既高又大的金地球化学场因素之一, 黑刺沟金矿田上金的表生分散作用主要发生于载金岩屑进入水系之前。

(2) 变异系数是识别A、B 两个高值区岩金成矿有利程度的敏感指标, 金元素的强烈的分异作用与区域地质作用有关。

(3) 粘土化蚀变在不同的尺度条件下均具有找矿指示意义, 浓集区元素中出现K、Al、Sn 时矿床应具有一定规模, 它们是重要的指示元素, 至少应与Au、As、Sb 等元素同等对待。K、Al、Sn、Au、As、Sb 六元素的二态值累加等值线图较其他变量的等值线图更客观地反映出黑刺沟一带的成矿远景明显优于扎子沟一带, 说明定量地球化学变量的定性组合在矿床(田) 的定位预测中具有重要意义。

参考文献:

[1] 金治鹏, 何进中, 芦青山. 甘肃省肃北县黑刺沟金矿田地球化学特征[J]. 甘肃地质学报, 2004, (1).

[2] 殷先明. 甘肃岩金矿床地质[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2000. 269-283.

[3] 张宝林. 大、小兴安岭北部砂金、岩金相互关系及岩金找矿方向的初步研究[J]. 地质地球化学, 1996, (1).

[4] 赵伦山, 张本仁. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 218.

[5] 武汉地质学院地球化学教研室编. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1979. 272-275.

On the gold geochemical field in the Danghenanshan mountains

HE Jin-zhong[1.2], JIN Zhi-peng[3], LU Qing-shan[3]

(1. *China University Of Geosciences, Wuhan* 430074, *China*;
2. *Gansu Institute of Geological Survey, Lanzhou* 730000, *China*;
3. *Second Institute of Geology and Mineral Exploration and Development of Gansu Province, Lanzhou* 730020, *China*)

Abstract: The high and enormous gold geochemical field in the Danghenanshan mountains is originated from both strata aboundant of gold element and known gold deposits, resulting from the incorpporation of

① 杨凯. 高光谱遥感技术在地质调查与矿产勘探上的应用, 矿产调查评价理论与方法技术. 中国地质调查局, 2001.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

the intense eroding of the water in the earth surface and the envioronment with aridity . The variance coefficient of gold element is a sensitive indication for recongnition of available level of metalizatioin of rock-gold built in the high gold content area , and the intensive differentiation is related to regional geological proccess. The alteratioin of clay is of significance of ore-serveying in different scale; K, Al, and Sn are important indicative elements; and the contour map derived from the sum of binary values of K, Al, Sn, Au, As, and Sb gives more objective prospective areas than others, i. e. the prospective for gold deposits in Hecigou area is more noticeable than in Zazigou area.

Key words: the south side of the Danghe river; gold geochemical field; variance coefficient; alteratioin of clay; indicative elements

陕北能源化工基地地下水勘查项目稳步推进

陕北能源化工基地地下水勘查项目是由陕西省人民政府和国土资源部中国地质调查局合作开展的地下水勘查项目，旨在围绕陕北能源化工基地建设和生态环境保护对水资源的需求，对地下水资源进行系统地调查与评价，配合重大建设项目开展水源地勘查，提出地下水资源管理与优化配置建议。

该项目的主要工作内容包括遥感解译、区域水文地质调查、已有水源地适应性调查、21 个水源地勘查以及水资源开发与生态环境保护、采煤保水措施等专题研究工作。其中，水源地勘查工作通过招标形式分别委托陕西地质矿产勘查开发局的 908 水文地质大队、综合地质大队，煤田地质局水文地质队，核工业地质局地质调查院，西北综合勘察设计研究院承担；遥感解译、区域野外调查和专题研究工作由西安地质矿产研究所承担。

项目实行统一设计、分步实施、资料共享、统一编制成果报告的组织方式。为了保证项目的顺利实施，该勘查项目成立项目顾问组，对项目的实施进行指导，由陕西省国土资源厅为组长单位，西安地质矿产研究所为副组长单位共同组成项目办公室。项目办公室对项目的运作全面负责，对项目进行统一管理。项目办公室下设技术组、监理组和财务组。

2005 年 9 月 2 日完成了各水源地勘查的招投标与委托工作，各项工作正在按计划稳步推进。

(西安地质矿产研究所　杜中宁)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net