柳园测区金异常综合评价及找矿预测

周 斌
(中国冶勘总局 西北地勘院，陕西 西安 710061)

摘 要： 根据甘肃北山柳园地区1∶5万岩石地球化学基础资料，综合利用地层、构造、岩浆岩等含矿、探矿信息，提出了用多个地质、地球化学标志综合评价异常的设想，并建立了一个较为有效的综合评价系统，通过几个矿床(点)实例认为，本文建立的异常综合评价系统对预测矿化异常剥蚀深度，判断矿化强弱，矿化类型划分及远景成矿区划分具有一定的指示作用。

关键词： 金异常；综合评价系统；找矿预测
中图分类号： P632.1；P618.51 **文献标识码：** A **文章编号：**1001-1412(2003)S0-0076-04

甘肃北山1∶5万岩石地球化学普查资料开展综合研究的目的是对地质-地球化学资料进行重新认识，提取信息，寻找较为有效的评价标志，建立综合评价系统，划分找金远景区段，为北山地区金矿勘探提供地球化学依据。

本文重点介绍综合研究中对柳园测区金异常进行二次开发评价的方法，对于评价结果仅作概念介绍，该项工作尚在进行中，文中错误之处请批评指正。

1 测区地质概述

北山地区是一个经历了加里东、海西及燕山多期运动的复杂构造区。构造、岩体与矿产在时、空上存在着密切联系，形成了“构造-岩体-矿产”综合体系，其中矿产与岩体受各级构造制约。矿带基本呈等间距分布，尤其在构造复合处(格点)，矿床(点)趋于集中，地球化学异常面积增大，强度增高，浓集中心突出，分带明显，异常常沿构造方向出现分支现象。如金滩子(104#)，拾金坡(42#)，南金滩(51#)等地。这些构造复合处控制了矿田级成矿区的分布。

2 异常综合评价系统

北山地区成矿具多种控制因素，本文选择与金矿化有关的地质地球化学标志对异常进行评价。

2.1 异常综合评价系统的建立

由于目前尚无条件建立北山地区的典型矿床地质-地球化学成矿模式，本文仅根据大量金异常资料和已知矿床(点)特征，参考国内外热液金矿床分带序列等资料，综合分析，提出了用多个地质、地球化学标志综合评价异常的设想，并力图建立一个较为有效的综合评价系统。这一系统的基本思想如下(图1)：

2.2 主要子系统的组成

A系统：指地质地球化学背景指标系统。

A_1-子系统(构造系统)：各种断裂和剪切带反映在地球化学上实质为降压带，其多期次活动，有利于促进化学反应，构造裂隙沟通和引起成矿溶液与多种围岩的相互作用，并促使不同来源的溶液混合等，对成矿有利。尤其是各构造交汇复合部位更是成矿的良好环境。为此按各级构造对异常的影响程度分别赋值(AP_1，AP_2，AP_3)。

A_2-子系统(岩体评价系统)：主要从两方面进行评价。

(1)岩体剥蚀度指标(AP_4)：通过北山南部地区岩体资料分析研究发现各期岩体不同部位的剥蚀度不同(表1)。岩体剥蚀度(h)值越小，说明其成矿有利。为此根据h值大小赋值：$h<10$附近的异常赋值为1，否则赋值为0。

(2)岩体矿化部位指标(AP_5)：一般认为处于复式杂岩体，岩体边缘、分支、岩体与断层、围岩接触带

收稿日期：2003-10-12
作者简介：周 斌(1966-)，男，四川大竹人，高级工程师，学士，1986年毕业于武汉地质学院，从事地质、地球化学勘查与科研工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

等处的异常,成矿较为有利,可赋值为 1;否则为 0。

A_3-子系统(指地层含矿性评价系统):北山地区各地层含金性是不一致的。按表 2 中 $w(Au_{原始})$值进行赋值(AP_6)

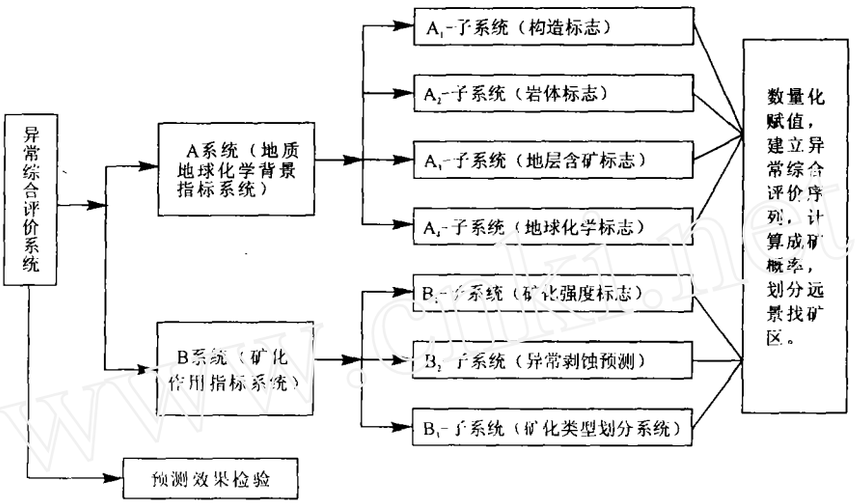


图 1　异常综合评价系统

Fig. 1　The integrated appraisement system of anomaly

表 1　岩体剥蚀度标志统计

Table 1　Statistic analysis of denudation marks for intrussives

岩浆期次	位置	$w(MgO)/\%$	$w(FeO)/\%$	FeO/Fe_2O_3	结构构造标志	副矿物标志	合计(h)	岩体代号	测区
		H1	H2	H3	H4	H5			
加里东期	明舒井	3.59	5.01	4.42	1.5	1	15.52	δ_{O3}	
	辉铜山南	2.37	2.96	2.04	1	1	9.37	δ_{O3}	柳园黄尖丘
	旧井、梧桐井	2.41	3.37	2.94	1.5	1.5	9.9,13.54	γ_{O3}	
海西中期	金沟井	1.32	3.13	4.43	2	2	12.88	$\pi\gamma_4^2$	
	狼山—辉铜山	0.51	1.61	2.45	1	1.5	7.07	$\pi\gamma_4^2$	柳园
	长黑山—黑山	0.45	1.17	1.11	1	1	5.23	γ_4^2	
	板滩	0.36	1.19	1.99	1.5	1	6.04		
	梧桐井	0.97	2.39	6.36	1.5	1	12.22		
	菜场子	0.26	1.01	2.6	1	1	5.87		黄尖丘
	向阳山	0.26	2.44	14.5	1	1.5	19.7		

表 2　不同岩石(层位)Au 的质量分数及赋值

Table 2　Au concentration of stratigraphic units

地层代号及岩性	$w(Au_{原始})/10^{-9}$	赋值(AP_6)	备　注
Z—∈、C—P 中火山岩	>4	2	
混合岩	3～4	1	混合岩:指火山、次火山岩片、板岩、砂、砾岩等混合在一起的岩石。
K—J	2～3	1	
其他地层	1	0	

A_4-子系统:地球化学场系统(AP_7):根据柳园测区中原生地球化学场分布特征可划分出 5 个矿田级异常区,本文把位于其中的异常,具有 Au,As,Ag,Cu,Pb,W,Mo 中 3 种元素以上的异常赋值(AP_7)为 1,否则为 0。

B 系统:指矿化作用指标系统。

B_1-子系统:矿化强度指标系统:

(1)平均异常强度指标(BP_1)。异常中元素含量高低是成矿作用强弱和矿化富集程度大小的首要指标,本文采用各异常元素标准化面金属量序列中前 3

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

种元素的平均异常衬度作为平均异常强度指标。计算公式为：

$\overline{K}=\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}Ki, Ki=\frac{\overline{Xi}}{Coi}$（$Coi$：指 i 元素异常下限；$\overline{Xi}$：指 i 元素平均值；Ki：指 i 元素衬度值。$\overline{K}$：指异常的平均异常强度值）。

据 K 值进行赋值(BP_1)。

(2)平均异常面金属量指标(BP_2)。面金属量是一种较稳定的反映异常强度与规模的综合指标。这里采用异常标准面金属量序列

前面 3 个较大值的平均值作为平均面金属量值（$\overline{M}=\frac{1}{3}\sum_{i=1}^{3}Ki\,Si$，$Si$ 指异常中 i 元素异常面积）。

按 $\overline{M}$ 值进行排序，赋值。

(3)成矿因子指标(BP_3)。主要从主成矿因子个数和因子计量序列两方面标志进行评价，并把具有 3 个以上以 Au 为主成矿因子者赋值为 3，2 个赋值为 2，1 个赋值为 1。

(4)元素组合复杂性指标(BP_4)。在热液成矿过程中达到异常值的元素个数多少可指示物质来源的复杂性和叠加矿化的可能性。本文是把具有 Au，Ag，As，Cu，Pb，W，Mo 7 种元素中 6 个以上的异常赋值为 3，具 4～5 个者赋值为 2，具 2～3 个者赋值为 1，小于 2 者赋值为 0。

(5)异常工业意义指标(BP_5)。根据各异常标准面金属量序列中主成矿元素的标准面金属量值及主成矿因子组合，元素相关系数等标志，对柳园地区金异常进行了异常工业意义的划分，结果列于表 3，同时按工业意义好坏给予赋值。

表 3 柳园测区金异常工业意义划分

Table 3 Commercial ore-caused anomaly defination

异常工业意义	显著工业矿化	工业矿化	矿化	分散矿化
异常号	42,51,68,104	10, 33, 34, 36, 39, 49, 50, 55, 71, 108,26,116, 122,123,149	1, 6, 12, 15, 20, 23, 25, 27, 28, 65, 79, 84, 102, 103, 121, 144,151,168	其余异常
赋值(BP5)	3	2	1	0

B_2-子系统：异常剥蚀度预测系统(BP_6)。

选择了水平分带序列、元素对比值、成矿因子组合及相关系数等项标志作为异常剥蚀度预测指标。

(1)水平分带序列。北山地区石英脉型金矿和破碎蚀变岩型金矿都属热液型金矿，其产状较陡，金矿化(体)横向分带序列基本与水平分带序列一致。一般认为在矿体上部横向分带为正向分带(前面→后面，前缘元素→属缘元素)，反之在矿体下部则为逆向分带(前→后，属晕元素→前缘元素)，故根据异常水平分带序列可推测异常剥蚀程度。

(2)成矿因子组合和相关系数可反映 Au 与其他元素间的相关程度，以此可推测 Au 异常赋存部位。

(3)元素对比值。按一般热液金矿分带规律选择 $\frac{As\cdot Ag}{Cu\cdot Mo}\times 100$ 和 $\frac{As\cdot Ag}{Mo^2}$ 两组元素对比值作为异常剥蚀度预测标志。

由上述几项标志综合预测各异常剥蚀程度，并把位于上、中上、中、中下位置的异常分带赋值(BP_6)为 3，2，1，0。

B_3-子系统：指矿化类型指标系统(BP_7)。

根据因子分析、聚类分析，结合已有矿床(点)资料进行矿化类型划分。并把破碎蚀变岩型金异常赋值为 2；石英脉型金异常赋值为 1；其他类型金异常赋值为 0。

2.3 异常综合评价序列(SP)及成矿概率(FP)

将上述各项数量化指标累加可建立异常综合评价序列(SP)计算成矿概率(FP)。所谓成矿概率是指异常含矿性预测的一种度量。显然排列在序列后面的异常，其成矿概率 FP 值小于 50%的异常应暂时放弃。

计算公式：$SP=\sum_{i=1}^{7}APi+\sum_{i=1}^{7}BPi$，$FP=\frac{SPi}{\max}\times 100\%$（$Spi$：某异常累加数量化指标和；$Sp\max$：各项数量化指标最大赋值和）

2.4 找矿远景预测

根据异常综合评价系统的预测结果(部分结果列于表 4)发现成矿概率较大的有望金异常主要分布于 5 个远景区段中(矿田级异常区)，即Ⅰ-金滩子、金窝子，Ⅱ-拾金坡、金沟井区，Ⅲ-南金滩区，Ⅳ-辉铜山南—钻井沟区，Ⅴ-花牛山—狼山区。在这些异常中除 104#(金滩子、金窝子异常)，42#(拾金坡金矿)，51#(南金滩金矿)等地表矿化较好异常带外，还有一批值得进一步检查的异常。

3 预测效果检验

104#，42#，51# 3 个异常是预测中最好的异常，由表 4 可看出：其异常强度、面金属量、成矿因子计

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

量序列和均较小,应排在预测序列前面,主成矿因子数为 2,因子组合,水平分带,相关系数均显示中上部晕特征,成矿概率较大(FP>75%)。

目前已有资料表明拾金坡中型金矿(42#)上部以石英脉型为主,下部以破碎蚀变岩型为主,金矿化体已控制 350m。51#(南金滩)经验证,7 孔有 6 孔见矿,已控制最大斜深近 270m,储量 7 t。

表 4 主要异常评价标志

Table 4 Appraisement marks for the major anomalies

异常号		104	68	51	50	42	36	32	108	26
异常强度	序和	4	33	6	22	8	29	11	26	34
面金属量	序和	2	22	4	24	6	32	18	26	38
	数目	2	1	2	2	2	1	2	1	2
成矿因子	元素组合	F1:AuPb (CuAs) F7:Au (−As)	68-1# F1:AuAg Cu(Pb) 68-2# F1:PbCuAg AsMo	F1:AuPb (AgAs) F5:Au:As	F1:AgPb CuAu F2:(Au)	F1:AuAg PbAs(Mo) F5:−Au	F2:Au	F1:AuPbAg F3:Au	F1(AuAs)	F1:AuAg AsMo(Cu) F2:PbCu (−Au)
相关系数		AuAs 0.499 AuAg0.3	68-1# AuAg 0.996 PbAg 0.999 AuMo0.88 68-2# AuAg 0.999 PbAg0.73	AuAs0.53 PbAg0.57 AuAg0.18 CuAs-0.02 AuW0.73	AuAg0.97 PbAg0.99	AuAs0.55 AuAg0.74 PbAg0.70 AuMo0.4 AuW-0.28	AuMo 0.49	AuAg 0.674 PbAg0.55	AuAs 0.74	
成矿因子计量	序和	12	96	21	75	22	97	54	41	97
剥蚀度预测		中上	中上	中上	中上	中上	中上	中上	上	中下
矿化类型		石英脉	石英脉	蚀变岩	蚀变岩	蚀变岩	石英脉	石英脉	蚀变岩	蚀变岩
成矿概率(FP)		80%	63%	78%	67%	80%	33%	53%	53%	50%

36# 和 26# 的异常强度、面金属量较小,序和值较大,位于综合评价序列的靠后部,它们剥蚀较深,已达中下部—尾部,且其成矿概率分别为 33% 和 50%,较低,故推测找金意义不大。36# 异常经钻孔验证,斜深 50 m 以下含金石英脉趋于尖灭。26# 矿田中的金矿体,其地表单脉最大长度为 196 m,最大斜深 87 m,推测已剥蚀至中下部。

从上述已获验证的异常看,本文建立的异常综合评价系统对预测矿化异常剥蚀深度、判断矿化强弱、矿化类型划分及成矿远景区划分具有一定的指示作用。

总之,北山地区是一个具有特色的 Au 及多金属成矿区,在这样一个"构造-岩体-矿产"综合体系中寻找金及多金属矿具有较好前景。

致谢:在工作中得到了郑天佑同志的直接指导,牟保侠同志参与了前期资料研究工作,在此一并致谢。

参考文献:

[1] 张本仁,陈德兴.陕西柞水—山阳成矿带区域地球化学[M].武汉:中国地质大学出版社,1989.

[2] 明承里.甘肃花牛山金矿床地质特征简介[J].西北地质,1991,(3).

(下转第 83 页)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参考文献:

[1] 陈哲夫,刘随臣,汪贻水,等.新疆矿产资源开发与产业发展战略研究[M].北京:地质出版社,2000.

[2] 三〇五项目办公室.新疆北部主要矿产成矿规律及找矿方向的研究[R].西安:中国冶勘总局西北局,1999.

[3] 仇仲学,于守南,李秋林,等.新疆富蕴县蒙库铁矿地质详查报告[R].西安:中国冶勘总局西北局,2002.

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF TYPICAL Fe DEPOSIT IN ALTAI REGION, XINJIANG AND THEIR GENESIS AND POTENTIAL

ZHANG Zhen-fu

(*Northwest Geological Exploration Institute of China Exploration & Engineering Bureau, Xi'an* 710061, *China*)

Abstract: The paper deals with comparison of geological characteristics of the typical Fe deposits, such as Mengku, Abagong, Jiaerbasi lsland iron deposits. Comprehensive analysis of their genesis show that Mengku Fe deposit belongs to volcanic sedimentary metamorphic ore type, Abagong Fe deposit, magmatic injection ore, Jiaerbasi Island, contact metasomatic type. Ore prediction in the region is made on bsis of analysing the geological background for ore formation and aeromagnetic anomaly features.

Key words: Mengku iron ore; Abagong iron ore; Jia'erbasi Island iron ore; Xinjiang

(上接第 79 页)

COMPREHENSIVE APPRAISEMENT AND ORE PREDICTION FOR LIUYUAN RIEGION

ZHOU Bin

(*Northwest Geological Exploration Institute of China Exploration & Engineering Bureau, Xi'an* 710061, *China*)

Abstract: Based on petrogeochemical data of Liuyuan region, Gansu province and the ore-bearig property of stratum, structure and magmatic rocks an idea of the integrated geological and geochemical marks for anomaly appraisement in the region is put forth and a effective comprehensive appraisement system is set up. Works on several ore deposits (occurrences) reveal that the system is of certain indicative for prediction of denudation degree of mineralization, weak or strong mineralization, minezalization types and potential areas.

Key words: Au anomaly; comprehensive appraisement system; ore prediction

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net