

# 内蒙古中部绿岩型金矿地球化学及地球物理勘查\*

——以新地沟和卯独庆地区为例

郑翻身,徐国权,冯 贞,蔡红军,张振法

(内蒙古地质矿产勘查开发局,内蒙古 呼和浩特 010021)

**摘 要** 为查清深部隐伏矿体规模和延伸情况,在新地沟和卯独庆化探异常区,开展了激电法(中间梯度装置)和高精度磁法测量。新地沟化探异常区圈出面积约 10 km<sup>2</sup> 的激电异常和磁异常,异常尚未封闭,有大幅度向外延伸的趋势;卯独庆化探异常区圈出面积约 2.5 km<sup>2</sup> 的激电异常。激电异常与化探异常基本吻合,应为同源异常。经验证,新地沟和卯独庆激电异常均为原生矿体引起,表明综合物化探方法是寻找隐伏矿体的最廉价、最适用、最有效的方法。

**关键词** 地质学;绿岩型金矿;微矿化露头;物探;化探;地球化学块体;新地沟;卯独庆

**中图分类号**:P618.51

**文献标识码**:A

经 1:20 万区域化探扫面(含 1:5 万水系加密),在内蒙古中部太古宙绿岩带和元古宙绿岩带内圈出了近 3 000 个化探异常,经 II 级查证相继发现了百余处金矿床(点),它们均为绿岩型金矿,并可划分为 5 种类型:① 沉积变质层控型(卯独庆、油篓沟);② 似层状细脉浸染型(摩天岭);③ 钾化蚀变-石英脉型(乌拉山);④ 蚀变岩-石英脉复合型(东伙房);⑤ 石英脉型(后石花)。本文仅介绍下元古界二道凹群绿岩带内的新地沟和卯独庆金矿。

为了解深部隐伏矿体的规模及延伸情况,在新地沟和卯独庆化探异常区进行了激电法和高精度磁法测量,效果较好,证明综合物化探方法用于寻找深部矿体,在内蒙古中部地区是有效的。

## 1 矿床地质特征

内蒙古中部发育有太古宙和元古宙两个时代的绿岩带。太古宙绿岩的  $w_{Au}$  平均为  $2.6 \times 10^{-9} \sim 32 \times 10^{-9}$ ;元古宙绿岩的  $w_{Au}$  平均为  $2.6 \times 10^{-9} \sim 34 \times 10^{-9}$ 。与其他岩类相比,绿岩的含金量高,具有赋存大、中型矿床的条件。最近,在元古宙绿岩带中发现的新地沟金矿(图 1)和卯独庆金矿即为典型例子。

### 1.1 含矿地层

新地沟金矿区的下元古界二道凹群为一套绿泥石英片岩、绢云绿泥片岩、绿泥片岩和绢云绿泥片岩夹大理岩、石英岩组合,由于受到韧性剪切变形作用和后期构造叠加的改造,原岩特征基本消失,外貌上显示为一套糜棱岩、千糜岩夹硅化微晶灰岩和石英岩组合,可划分为 3 个岩性段:

第一岩性段:主要岩性为黄褐色、灰褐色糜棱岩和绢云千糜岩,糜棱岩层中夹有硅化微晶灰岩薄层。褐色糜棱岩为主要含矿层位,一般厚 20~30 m,最厚处大于 40 m,普遍具黄铁矿化、硅化,  $w_{Au}$  为  $0.2 \times 10^{-6} \sim 6.84 \times 10^{-6}$ 。

第二岩性段:由灰白色、白色微晶灰岩夹石英岩组成,与上覆第三岩性段呈整合接触,与下伏第一岩性段呈断层接触。微晶灰岩为含矿地层之顶板,可作为找矿标志层。微晶灰岩硅化强,但含金量较低,  $w_{Au}$  一般为  $0.15 \times 10^{-6} \sim 0.3 \times 10^{-6}$ 。

第三岩性段:由灰绿色糜棱岩夹绿泥千糜岩和长英质糜棱岩组成,灰绿色糜棱岩一般不含金,而夹于该岩性段内的长英质糜棱岩具黄铁矿化、钾化和褐铁矿化,其  $w_{Au}$  一般为  $0.3 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ ,有少量大于  $1.0 \times 10^{-6}$ 。

\* 本文得到内蒙古地质矿产局自筹资金项目的资助

第一作者简介 郑翻身,男,1954 年生,高级工程师,内蒙古地质矿产局总工程师,从事地质勘查管理和地质找矿工作。

收稿日期 2004-08-04; 改回日期 2005-01-04。许德焕编辑。

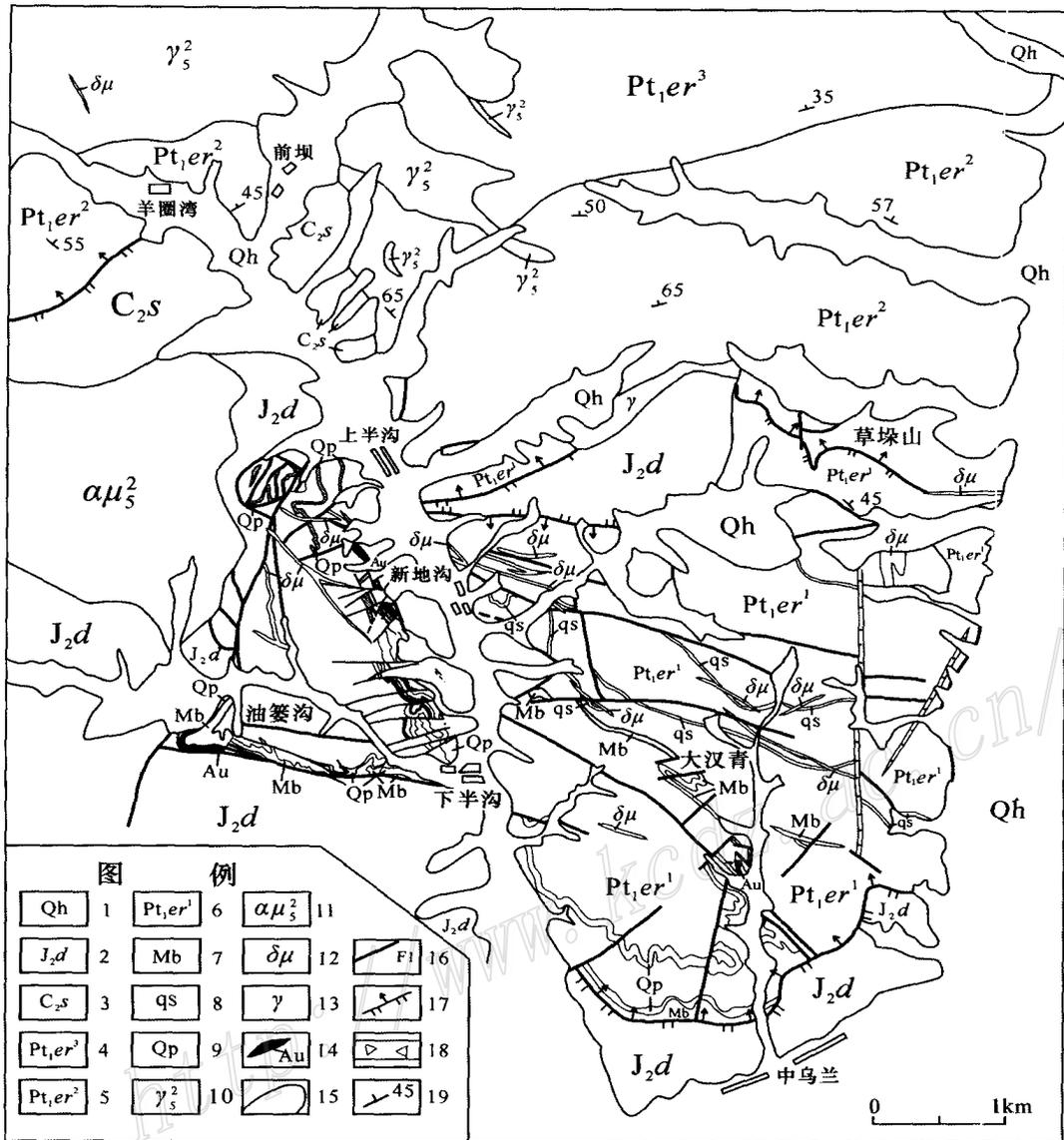


图 1 新地沟金矿区地质图

1—第四系；2—侏罗系砂砾岩；3—石炭系砾岩和砂岩；4—下元古界二道凹群灰岩；5—下元古界二道凹群糜棱岩；6—下元古界二道凹群糜棱岩化绢云绿泥石英片岩；7—结晶灰岩；8—石英岩；9—含金矿化体；10—花岗岩；11—安山玢岩；12—闪长玢岩脉；13—花岗岩脉；14—金矿体；15—地质界线；16—性质不明断裂；17—逆断层；18—断层破碎带；19—产状

Fig.1 Geological map of the Xindigou gold ore district

1—Quaternary; 2—Jurassic sandy conglomerate; 3—Carboniferous conglomerate and sandstone; 4—Limestone of Lower Proterozoic Erdao' ao Group; 5—Mylonite of Lower Proterozoic Erdao' ao Group; 6—Mylonitized sericite-chlorite-quartz schist of Lower Proterozoic Erdao' ao Group; 7—Crystalline limestone; 8—Quartzite; 9—Auriferous mineralized body; 10—Granite; 11—Andesite porphyrite; 12—Diorite porphyrite vein; 13—Granite vein; 14—Gold orebody; 15—Geological boundary; 16—Indeterminate fault; 17—Reversed fault; 18—Fault shatter zone; 19—Attitude

在新地沟金矿区,已发现油篓沟、上半沟、新地沟、下半沟、大汉青、草垛山、羊圈湾和中乌兰等 8 个矿段(图 1),其容矿围岩金的丰度值普遍较高(张振法,1998)。

在卯独庆金矿区,出露下元古界二道凹群第二

岩性段,主要岩性为二云石英片岩、绿泥片岩、白云质大理岩夹二云片岩,金矿化赋存在片岩与大理岩的过渡部位(康红在,2000)。局部见有上太古界乌拉山群、中元古界马家店群、中生界白垩系及花岗岩脉分布。

## 1.2 控矿构造

新地沟矿区见有4期构造变形:第一期为矿区北部的韧性剪切带,走向近东西,由韧性剪切变质作用所形成的片理构成,与区域变质岩的片理一致;第二期为矿化区之主体构造,呈近东西-北西西向展布的韧性剪切带,对金矿的形成具有重要的控制作用,它既是导矿构造又是容矿构造,韧性剪切带是成矿溶液迁移的通道和沉淀的空间,金矿产于剪切带的中心部位;第三期为矿区南北的两条近于平行的破碎带,它切穿和破坏了早期的构造线;第四期为矿化区内的北北西向和北北东向的断裂构造,它们切割了矿化区内出露的所有地层。

新地沟金矿区的油篓沟矿段具明显的层控特点,下元古界二道凹群第一岩性段的糜棱岩是主要含矿层位,褶皱的层间滑脱带或轴部对金矿体的形成和分布具重要控制作用,北西西-近东西向断层为控矿构造,使含矿地层处于封闭构造中,有利于成矿。

卯独庆金矿化带发育于下元古界二道凹群第二岩性段的片岩与大理岩的过渡带内,赋矿岩石为片岩类夹透镜状大理岩。金矿化带严格限于片理化带内,具明显的层控特点。

新地沟矿区和卯独庆矿区的控矿因素可以概括为:层位(岩性)+剪切变形变质带+褶皱层间滑脱带和轴部+构造(徐国权等,2001)。

## 1.3 岩浆岩

新地沟金矿区的各矿段均位于大东山花岗岩体的内、外接触带。大东山花岗岩体的K-Ar法年龄值为199 Ma<sup>①</sup>,应属燕山期,为一多期次、多岩性的复式岩体,出露面积613 km<sup>2</sup>。经模拟计算,大东山岩体下底界面积约1400 km<sup>2</sup>,埋深大于10 km。据计算结果和剩余重力异常零值线位置推断,大东山岩体下底界南侧界线应位于油篓沟-大汉青-东乌兰一带,也就是说,新地沟金矿区的各矿段都处在大东山岩体的缓倾斜坡上,即重力低缓斜坡位置。

此外,安山玢岩脉、辉绿玢岩脉、闪长玢岩脉、安山岩脉、长英质岩脉、花岗岩脉和石英脉等在新地沟矿区亦广泛发育。大东山岩体外接触带发育后期石英脉,拣块样的金品位为 $2.58 \times 10^{-6}$ ;其内接触带发育少量石英脉,拣块样的金品位可达 $27.7 \times 10^{-6}$ 。

卯独庆矿区的北部有元古宙石英闪长岩分布,

与含矿岩层呈断层接触;矿区南部大面积出露元古宙片麻状黑云母花岗岩,与含矿岩层呈侵入接触。局部见有花岗岩脉零星分布。

## 1.4 围岩蚀变

新地沟金矿区内的围岩蚀变主要有绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、绢云母化、钾化、硅化、褐铁矿化和黄铁矿化等。其中,绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化属区域性蚀变,与金矿化关系不大;绢云母化、钾化、硅化、黄铁矿化、褐铁矿化蚀变强烈地段,一般为矿体或矿体顶、底板的直接围岩,与金矿化关系密切。褐铁矿化、黄铁矿化和硅化可作为直接找矿标志。矿体围岩由糜棱岩、千糜岩及硅化微晶灰岩组成,硅化微晶灰岩与矿体呈断层接触关系,糜棱岩、千糜岩与矿体呈整合过渡关系。

卯独庆金矿区内的围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、褐铁矿化、绿泥石化、白云母化、碳酸盐化。其中,褐铁矿化、黄铁矿化、硅化、绢云母化与金矿化关系密切。金矿化带普遍发育褐铁矿化、黄铁矿化、孔雀石化及硅化、绢云母化等。矿化带内岩石的 $w_{Au}$ 普遍大于 $150 \times 10^{-9}$ 。

## 1.5 矿化带、矿体及矿石

新地沟矿区内的油篓沟矿段,其金矿化带位于二道凹群下部岩组第一岩性段,受北西西向断层控制,由糜棱岩、千糜岩夹硅化微晶灰岩为主的一套动力变质岩类组成。糜棱岩中赋有工业矿体,千糜岩和微晶灰岩构成矿体的顶、底板,容矿围岩金的丰度值普遍较高(表1)。

矿化带呈北西西-近东西方向展布,其产状与围岩产状一致,以 $0.7 \times 10^{-6}$ 为边界品位,共圈出9个金矿体。金矿体赋存于糜棱岩中,呈层状、似层状、透镜状产出,与容矿围岩呈渐变过渡关系。以1号矿体为例,其厚度和品位见表2。

原生矿石为蓝灰色,中厚层状,结构致密,黄铁矿化强烈。原生矿石中的金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、金红石、自然金。矿石具糜棱状、自形、半自形、他形结构,块状及稀疏浸染状构造。

氧化矿石为黄褐色,中-薄层状,裂隙发育,结构疏松,褐铁矿化强烈。氧化带深度8~12 m,随地形条件的变化而改变。氧化矿石中的金属矿物以褐铁矿、赤铁矿为主,有少量黄铁矿、自然金;脉石矿物以石英、钾长石为主,绿泥石、绢云母、黑云母次之,含

① 内蒙古地质研究所,1993.固阳-察右中旗大断裂两侧金矿成矿地质条件研究(内部资料)。

表 1 油篓沟矿段容矿围岩的含金性<sup>①</sup>

Table 1 Gold percentage of ore-hosting wall rocks in Youlougou ore block

岩性	$w_{Au}/10^{-6}$			产出层位及时代
	最低	最高	一般	
绢云千糜岩	0.06	0.68	0.30 ~ 0.40	下元古界二道凹群
绿泥千糜岩	0.02	0.20	0.05 ~ 0.07	下元古界二道凹群
绢云绿泥千糜岩	0.08	0.50	0.10 ~ 0.30	下元古界二道凹群
绢云糜棱岩	0.08	0.67	0.30 ~ 0.50	下元古界二道凹群
长英质糜棱岩	0.14	0.67	0.30 ~ 0.50	下元古界二道凹群
糜棱岩	0.36	0.68	0.50 ~ 0.60	下元古界二道凹群
灰黄色硅化灰岩	0.03	0.38	0.05 ~ 0.08	下元古界二道凹群
灰白色硅化灰岩	0.01	0.08	0.03 ~ 0.05	下元古界二道凹群
破碎带	0.07	0.25	0.08 ~ 0.10	下元古界二道凹群
锰质砂砾岩	0.01	0.08	0.03 ~ 0.05	上侏罗统大青山组

表 2 I 号矿体各工程的厚度及金品位<sup>①</sup>

Table 2 Thicknesses and gold grade of various engineering items in No. I orebody

工程编号	厚度/ m	$w_{Au}/10^{-6}$		产状		顶板	底板
		平均	最高	倾向	倾角		
TC8	13.99	1.76	4.06	60 ~ 65°	60 ~ 75°	破碎带	千糜岩
TC6	4.14	2.37	3.89	50 ~ 60°	49 ~ 53°	糜棱岩	千糜岩
TC4	11.31	1.22	3.04	50 ~ 55°	50 ~ 52°	微晶灰岩	糜棱岩
TC1	2.13	1.23	1.94	355°	50 ~ 55°	糜棱岩	糜棱岩
TC3	9.84	2.01	4.11	10 ~ 13°	55 ~ 62°	糜棱岩	糜棱岩
TC5	6.80	3.49	5.92	10 ~ 30°	54 ~ 60°	糜棱岩	糜棱岩
TC7	9.46	1.42	3.04	5 ~ 8°	48 ~ 55°	千糜岩	糜棱岩
II ZM	10.21	1.87	6.83	0 ~ 10°	60 ~ 70°	千糜岩	微晶灰岩
III ZM	22.37	2.53	5.09	0 ~ 5°	54 ~ 72°	微晶灰岩	微晶灰岩
IV ZM	17.60	2.09	3.64	0 ~ 5°	50 ~ 65°	微晶灰岩	微晶灰岩
ICM	8.64	1.56	4.06	0 ~ 5°	50 ~ 60°	千糜岩	微晶灰岩
ZK2	8.82	2.43	6.84			微晶灰岩	糜棱岩

少量白云母和碳酸盐。矿石具糜棱结构、交代残留结构、网状结构、流纹构造、千糜状构造和稀疏浸染状构造。

新地沟、上半沟、下半沟、大汉青等矿段，矿石中的金属矿物主要为磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和自然金等，磁铁矿的含量约为 4% ~ 5%。

矿石自然类型为糜棱岩型、千糜岩型和长英质糜棱岩型。油篓沟矿段内矿石的化学全分析见表 3，矿石的光谱半定量全分析见表 4。

卯独庆金矿化带位于北西走向的卯独庆断裂下盘二道凹群片岩与大理岩的过渡带内，主要岩性为绿泥绢云石英片岩夹白云质大理岩透镜体，过渡带的岩石发生强烈片理化，其中，I 号异常区的金矿化

带长约 1 000 m，宽大于 100 m，走向 290 ~ 310°，倾向北东，倾角 30 ~ 50°。含金矿化带普遍发育褐铁矿化、黄铁矿化、孔雀石化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化，矿化带内岩石的  $w_{Au}$  大于  $150 \times 10^{-9}$ 。在 I 号异常区内已发现 6 个金矿体，其中 I 号和 II 号金矿体规模较大(图 2)。

I 号矿体位于矿区西段，赋存在倒转斜歪背形构造的转折端及南翼，已控制长度大于 200 m，平均厚度 26 m，最大厚度 41.8 m。矿石的  $w_{Au}$  平均为  $2.12 \times 10^{-6}$ ，最高为  $18.31 \times 10^{-6}$ 。矿体地表形态呈舒缓 S 形，其走向自西向东变化为 95°、45°、75°、90°；倾向变化为北东、北西、北东；倾角变化为 65°、35°、65°，矿体在转折部位厚度增大。矿体的  $w_{Au}$  由地表向下有逐渐变富的趋势：地表 1 600 m 标高，

① 内蒙古矿产实验研究所，2001. 内蒙古察右中旗新地沟金矿区油篓沟矿段金矿普查地质报告(内部资料).

表3 油篓沟矿段矿石化学全分析结果<sup>●</sup>

Table 3 Chemical total analyses of ores from Youlougou ore block

	原生矿石	氧化矿石
$w_B/10^{-6}$		
Au	2.38	1.45
Ag	2.36	2.32
$w_B/10^{-2}$		
SiO <sub>2</sub>	51.36	58.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.57	13.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.68	6.57
CaO	5.48	4.08
MgO	3.42	1.98
K <sub>2</sub> O	3.08	2.24
Na <sub>2</sub> O	3.56	5.34
MnO	0.089	0.078
TiO <sub>2</sub>	0.998	0.069
S	2.01	1.24
As	0.0019	0.0018
Cu	0.003	0.0029
Pb	0.0036	0.0048
Zn	0.0092	0.011
Sb	0.00016	0.00012
Bi	0.000032	0.00001
Mo	0.00037	0.0004

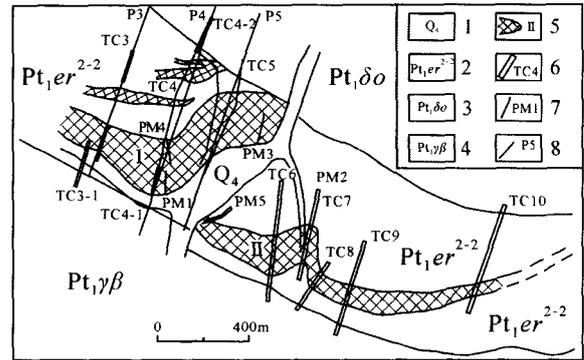


图2 卯独庆金矿区(1号异常区)矿体平面图

1—第四系冲洪积层;2—下元古界二道凹群片岩;3—早元古代石英闪长岩;4—早元古代黑云母花岗岩;5—金矿体;6—探槽位置及编号;7—劈面位置及编号;8—勘探线剖面及编号

Fig.2 Plan view of the orebody in the Maoduqing gold ore district (No. 1 anomaly area)

1—Quaternary alluvial and diluvial bed; 2—Schist of Lower Proterozoic Erdao'ao Group; 3—Early Proterozoic quartz diorite; 4—Early Proterozoic biotite granite; 5—Gold orebody; 6—Location and serial number of exploratory trench; 7—Location and serial number of split plane; 8—Section along exploration line and serial number

表4 油篓沟矿段矿石光谱半定量分析结果<sup>●</sup>

Table 4 Spectral semi-quantitative analyses of ores from Youlougou ore block

分析项目	$w_B/ \%$		分析项目	$w_B/ \%$		分析项目	$w_B/ \%$	
	原生矿石	氧化矿石		原生矿石	氧化矿石		原生矿石	氧化矿石
Ba	0.1	0.2	Ag	0.00015	0.0001	Yb	≤0.0001	≤0.0001
Be	0.0015	0.0001	Mo	0.001	< 0.001	Mn	0.03	0.025
As	0.00	0.00	V	0.03	0.01	Fe	5	4
P	0.0	0.0	Sr	0.03	0.02	Mg	3	2
Cr	0.01	0.008	Zr	0.02	0.03	Si	>10	≤10
Pb	0.0015	0.004	Th	0.00	0.00	K	4	2
Zn	0.01	0.01	Ca	4	3	Na	3.0	3.0
Cu	0.01	0.002	Ta	0.00	0.00	Ge	0.000	0.000
Ni	0.01	0.005	Nb	0.000	0.000	In	0.000	0.000
Al	6	6	Ti	0.04	0.3	Bi	0.000	0.000
Co	0.004	0.002	Ce	0.0	0.0	W	0.00	0.00
Sn	< 0.001	< 0.001	La	< 0.01	≤0.01			
Ga	0.0015	0.001	Y	≤0.001	≤0.001			

$w_{Au}$  平均为  $1.39 \times 10^{-6}$ ; 至 1 590 m 标高, 平均为  $2.13 \times 10^{-6}$ ; 1 575 m 标高处, 平均为  $2.80 \times 10^{-6}$ 。

II号矿体位于矿区东段, 已控制长度大于 350 m, 平均厚度 14 m, 最大厚度 25 m。矿石的  $w_{Au}$  平均为  $2.07 \times 10^{-6}$ , 最高为  $4.72 \times 10^{-6}$ 。矿体地表形态呈向东南凸出的弧形, 其走向自西向东变化为  $105^\circ$ 、

$90^\circ$ 、 $80^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $45^\circ$ , 倾向北东、北西, 倾角自西向东由缓( $25^\circ$ )变陡( $70^\circ$ )。

矿石中的金属矿物以黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、方铅矿为主, 有少量钛铁矿、孔雀石及自然银和自然金等, 黄铁矿含量约 3%~5%; 脉石矿物为石英、斜长石、绢云母等。金矿物呈不规则状嵌布在脉石、褐

● 内蒙古矿产实验研究所, 2001. 内蒙古察右中旗新地沟金矿区油篓沟矿段金矿普查地质报告(内部资料).

铁矿、黄铁矿中,以及褐铁矿与脉石之间和褐铁矿与黄铁矿之间。

矿石具半自形-他形粒状结构、交代结构、糜棱结构、碎裂结构等,片状、块状、稀疏浸染状和流纹状构造。矿石自然类型以褐铁矿化绿泥绢云石英片岩型为主,其次为孔雀石化片理化大理岩型,含金矿化带严格限于片理化带内,具有层控特点,是典型的沉积变质绿岩型金矿。地表 40 m 以上为氧化带,以下为原生矿。自氧化带至原生矿,矿化由以褐铁矿化为主转为以黄铁矿化为主,品位也由低变高,地表  $w_{Au}$  为  $2 \times 10^{-6}$  左右,深部为  $3 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ ,最高为  $18.31 \times 10^{-6}$ 。

## 2 地球化学勘查

### 2.1 新地沟矿区

经 1:20 万区域化探扫面,在西河子—大滩—新地沟—红盘地区,以  $1.2 \times 10^{-9}$  为异常下限,圈出约 2 000 km<sup>2</sup> 以 Au 为主的多元素地球化学块体(谢学锦等,2001)。异常的元素组合以 Au、Ag、W、Bi、Hg、As 为主,其次为 B、F、Cd、Pb、Mo、Be、Li,此外,还伴有 Cu、Zn、Sb、Sn 等弱异常,其中 Au、W、Bi 具有二级浓度分带,其他元素为一级浓度分带。水平分布形成内外两个分带,内带为 W、Bi、Mo、Li、Be 元素组合,外带为 Au、Ag、Pb、Cu、As、B、F 元素组合。

对该地球化学块体,应用公式  $E = X \cdot (S \cdot 0.5) \cdot \rho$  计算出 500 m 厚度岩块中成矿元素 Au 的总质量(总金属量)约为 11 200 t。式中,  $E$  为块体中成矿元素的总金属量,  $X$  为地球化学块体内成矿元素的平均含量,  $S$  为块体面积,  $\rho$  为块体密度。该块体的  $X$  为  $4 \times 10^{-9}$ ,  $S$  为 2 000 km<sup>2</sup>,  $\rho$  为 2.76 g/cm<sup>3</sup>(黄增芳等,2001)。

计算结果表明,该块体已具备巨型矿床形成的首要条件——巨大的金成矿物质供应量。但是,如果 Au 元素分散在这个巨大的块体内,以平均含量  $4 \times 10^{-9}$  推算,金的平均品位为 0.004 g/t,无法利用。因此,需要研究该地球化学块体内 Au 成矿元素的浓集过程,寻找局部富集场所。

1:5 万水系加密测量,以  $2.5 \times 10^{-9}$  为异常下限,圈出了西河子、常福龙沟、补换沟、大滩、新地沟、万隆昌、杀牛山等地球化学子块体。在新地沟地区,又以  $5 \times 10^{-9}$  为异常下限,圈出了面积为 60 km<sup>2</sup> 的金异常(子块体),其  $w_{Au}$  最高为  $200 \times 10^{-9} \sim 250 \times$

$10^{-9}$ ,平均为  $20 \times 10^{-9}$ 。依据前述公式,计算出该子块体内 Au 的总金属量约 1 650 t,如果 Au 还是分散在 60 km<sup>2</sup> 的子块体内,则其平均品位仅 0.02 g/t,仍无法利用。

#### 2.1.1 1:1 万土壤异常特征

在 1:5 万水系异常范围内优选出 31 km<sup>2</sup> 异常区进行 1:1 万土壤化探测量。该选区金的最高含量为  $256 \times 10^{-9}$ ,并伴有 Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sr、Ba、Li 等元素异常,局部见有 As、Cr、La、V 等元素异常。在该选区内共圈出 136 个金异常,归纳为 17 处异常群。依据所处地质环境,将这些异常群分为 4 个异常带:Ap1 ~ Ap6 为第 1 异常带;Ap7 ~ Ap13 为第 2 异常带;Ap14 ~ Ap15 为第 3 异常带;Ap16 ~ Ap17 为第 4 异常带。又据其矿化特征和工作程度大致划分为甲、乙、丙 3 类异常(表 5)。这 17 处土壤金异常均可视为一种微矿化露头,是寻找隐伏矿床的重要标志(贾文,1994)。

#### 2.1.2 原生晕异常特征

新地沟金异常区内各类岩石刻槽样品的金含量统计结果见表 6。由该表可见,褐铁矿化硅化碎裂花岗岩的金含量可达  $2 837 \times 10^{-9}$ ;千糜岩的金含量可达  $200 \times 10^{-9} \sim 680 \times 10^{-9}$ ;糜棱岩的金含量可达  $239.57 \times 10^{-9} \sim 680 \times 10^{-9}$ ;构造蚀变岩的金含量可达  $234.18 \times 10^{-9}$ 。总体看,探槽揭露处的大多数岩石含金性较好,明显是金矿化的物质来源之一。

#### 2.1.3 地球化学成矿规律

为揭示新地沟异常区的地球化学成矿规律,在水系沉积物异常范围内,选择了 18 种元素做 R 型因子分析。由表 7 因子分析结果可见,在方差贡献为 84% 的水平上出现 6 个因子。

$F_1$ (Ag, As, Mo, F, Cd, B, Zn, Ba, Pb, Cu);  $F_2$ (Bi, Sb, Cd, Au, Be);  $F_3$ (Be, W, Sn);  $F_4$ (Li, Au, W);  $F_5$ (Sn, Cu);  $F_6$ (Li)。  $F_1$  因子属中低温热液硫化物矿化因子,反映出,矿区二道凹群绿岩地层元素共生组合的特征与水平分带的外带相对应。  $F_2$  因子属铍金矿化因子,反映出高温热液与中低温热液过渡带元素共生组合的特征。  $F_3 \sim F_6$  因子属高温热液元素及金矿化因子,与水平分带的内带相对应,反映出与燕山期岩浆期后气成高温热液活动有关的元素共生组合的特征,其中  $F_4$  是以金为主的矿化因子。综合上述因子分析结果,该矿区有如下地球化学成矿规律。

(1) 由因子模型  $Au = 0.25 F_1 + 0.51 F_2 + 0.07 F_3 + 0.67 F_4 + 0.15 F_5 + 0.03 F_6$  特征看,该金矿的

表5 新地沟异常区土壤测量 Au异常特征(张振法,1998)

Table 5 Characteristics of gold anomalies from soil survey in Xindigou anomaly area(Zhang,1998)

异常编号	异常位置(坐标:X,Y)	异常特征				异常类别
		面积/km <sup>2</sup>	形态	最高含量/10 <sup>-9</sup>	元素组合	
Ap1	4563.72~63.49;19609.28~09.09	0.07	星点状	120	Sr	丙2
Ap2	4563.55~63.75;19610.03~10.75	0.05	椭圆状	35	Sr, Mo	丙2
Ap3	63.85~64.15;09.75~10.60	0.05	星点状	30	La, Sr	丙2
Ap4	64.25~64.87;09.70~10.70	0.10	星点状	50		丙2
Ap5	64.60~66.20;10.47~11.50	0.30	条带状	80	Cu, Zn	甲1
Ap6	63.55~64.50;10.70~11.36	0.35	不规则状	100	Cu, Zn	乙3
Ap7	64.83~66.10;11.50~12.77	0.15	不规则状	60	Ag, Cu, Zn, Sr	丙2
Ap8	63.38~64.05;12.00~13.20	0.20	花生状	150	Pb, Mo, Ag	乙3
Ap9	63.05~63.80;12.90~13.62	0.10	不规则状	150	Ag, Cu, Zn, Mo, Pb	乙3
Ap10	62.27~63.13;13.17~13.66	0.17	不规则状	200	Ag, Cu, Pb	乙3
Ap11	61.55~62.55;11.94~12.17	0.06	星点状	250	Ba, Sr, La	丙2
Ap12	61.45~62.63;12.37~13.77	0.75	不规则状	120	Cu, Zn, Mo, Sr, Ba, La	乙3
Ap13	62.45~63.80;13.75~14.72	0.16	似椭圆条带状	30	Ag, Pb, Sr	乙3
Ap14	64.42~67.22;12.45~14.43	0.54	星点不规则状	50	Ag, Cu, Pb, Zn, Mo	丙2
Ap15	63.90~64.26;14.32~16.00	0.10	杂乱状	80	Cu, Mo, Zn, Sr, Ba	丙2
Ap16	65.60~67.30;14.56~15.80	0.11	棒状	50	Mo	丙2
Ap17	64.85~65.96;16.04~17.35	0.07	长条似椭圆状	80	Sr, Ba	丙2

表6 新地沟异常区各类岩石 Au含量统计(张振法,1998)

Table 6 Au content statistics of various kinds of rocks in Xindigou anomaly area(Zhang,1998)

岩性	w <sub>Au</sub> /10 <sup>-9</sup>		岩性	w <sub>Au</sub> /10 <sup>-9</sup>	
	平均	最高		平均	最高
绢云片岩	6.44	7.01	长英质糜棱岩	405	670
绢云石英片岩	19.44	39.83	糜棱岩	520	680
绿泥石英片岩	9.11	21.17	糜棱岩化绿片岩	178.06	239.57
石英岩	16.68	30.02	硅化灰岩	84	380
混合岩化绿片岩	14.47	30.02	褐铁矿化硅化碎裂花岗岩	1900	2837
褐铁矿化绿片岩	34.08	56.80	构造蚀变岩	81	234.18
绢云千糜岩	370	680	碎裂岩	5.89	13.95
绿泥千糜岩	110	200	灰岩	4	8
绢云绿泥千糜岩	290	500	破碎带	160	250
绢云糜棱岩	375	670	碎裂花岗岩	4	7

表7 新地沟金矿因子分析结构

Table 7 Factor analysis texture of the Xindigou gold deposit

元素	因子结构					
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>
Li	0.21	-0.10	-0.19	0.68	-0.09	0.54
F	0.75	0.23	-0.27	0.01	-0.41	-0.14
As	0.78	-0.44	-0.04	0.09	-0.36	-0.08
Bi	0.27	0.85	-0.25	-0.11	0.16	-0.08
Hg	-0.08	-0.72	-0.31	-0.06	0.03	-0.33
Sb	0.27	0.82	-0.34	-0.14	0.17	-0.001
Cd	0.75	0.57	-0.10	-0.25	-0.06	0.002
Zn	0.63	-0.69	0.15	0.13	-0.08	-0.03
Mo	0.77	0.002	0.37	-0.13	0.26	0.10
W	0.09	0.24	0.64	0.53	-0.09	-0.27
Ag	0.87	-0.02	0.20	-0.09	-0.14	-0.03
B	0.68	0.01	-0.44	0.29	0.06	-0.41
Ba	0.61	-0.18	-0.21	-0.18	0.34	0.37
Be	-0.16	0.51	0.65	0.08	-0.25	-0.03
Cu	0.55	-0.39	0.10	0.24	0.57	-0.02
Pb	0.58	-0.08	0.46	-0.44	-0.33	0.21
Sn	0.15	-0.03	0.53	-0.21	0.59	-0.17
Au	0.25	0.51	0.07	0.67	0.15	0.33

形成是多期次的,主要有4期:第1期,是主要矿化期,大量的 Au 随 Li、W 氧化物一起形成;第2期,Au 为少量,与 Sn、Cu 等相伴;第3期,为 Au 的第二个主要矿化期,大量的 Au 与少量硫化物相伴;第4期,Au 与大量的硫化物一起形成,出现 Au 的再富集。

(2) 诸异常元素中,Au 与 Li、W、Bi、Sb、As 等的相关系数最大,且在 F<sub>2</sub>~F<sub>6</sub> 因子中多呈密切关系,表明 Au 与岩浆活动关系密切,其次,Au 来源于绿岩矿源层。

2.1.4 异常查证结果

经 II 级查证,在 1:1 万土壤化探金异常的 Ap1、Ap2、Ap3、Ap4 异常区域找到了油篓沟矿段;在 Ap5、Ap6、Ap7 异常区域找到了新地沟矿段、上半沟矿段和下半沟矿段;在 Ap8、Ap9、Ap10 异常区域找到了大汉青矿段;在 Ap11、Ap12 异常区域找到了中乌兰矿段;在 Ap14、Ap15、Ap16 异常区域找到了草垛山

矿段。

### 2.2 卯独庆矿区

经 1: 20 万区域化探扫面, 在摩天岭—卯独庆地区圈出面积为 1 000 km<sup>2</sup> 的金地球化学块体, 其元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd、As、Sb、Hg、W、Sn、Mo 等, 经计算, 该块体总金属量为 6 900 t。

经 1: 5 万水系沉积物加密测量, 在该地球化学块体内圈出了十几个地球化学子块体。其中的卯独庆子块体, 金异常面积为 5 km<sup>2</sup>, 金最高含量为 114 × 10<sup>-9</sup>, 最低为 1.0 × 10<sup>-9</sup>, 平均为 45 × 10<sup>-9</sup>, 与 Au 伴生的元素有 Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Cd 等。

经 1: 1 万土壤化探测量, 在该子块体内圈出了 4 处金异常, 与 Au 元素异常相关的其他元素异常为 Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、Bi 等, 各元素异常相互套合较好。

(1) I 号金异常: 长大于 1 000 m, 宽 150 m, 浓集中心突出, Au 最高含量为 143.5 × 10<sup>-9</sup>, Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb 元素异常与 Au 元素异常吻合, 前缘晕元素 As、Sb 含量较高, 具有较好的成矿元素组合特征。I 号异常为矿致异常, 现已开采, 共发现 6 个金矿体, 其中 I 号、II 号金矿体规模较大(图 2)。

(2) II 号金异常: 长 800 m, 宽 150 m, 浓集中心明显, Au 最高含量为 259.1 × 10<sup>-9</sup>, 与 Au 异常对应的有 Ag、Cu、Pb、Zn、Bi 等元素异常, 其中 Ag 异常与 Au 异常吻合较好。据推断, 该异常为含金矿致异常。

(3) III 号金异常: 长 200 m, 宽 60 m, Au 异常强度不高, 范围较小, 但浓集中心较明显, Au 含量一般为 2 × 10<sup>-9</sup> ~ 4 × 10<sup>-9</sup>, 最高为 16.7 × 10<sup>-9</sup>。总体看, 其 Au 含量较低, 可能是地表腐植层较厚所致。

(4) V 号金异常: 长 300 m, 宽 200 m, Au 最高含量为 341.9 × 10<sup>-9</sup>, 一般为 10 × 10<sup>-9</sup> ~ 80 × 10<sup>-9</sup>。该异常未封闭, 有大幅度向东延伸的趋势。

值得注意的是, 位于摩天岭-卯独庆地球化学块体内的摩天岭金矿区, 据 12 个钻孔资料的统计, 该矿区氧化带的深度为 87.09 ~ 146.70 m, 平均为 115.52 m。115.52 m 之下是否有原生硫化物金矿层? 该区绿岩带深部(200 ~ 3000 m) 是否蕴藏着大型金矿床? 等等, 均应进行深入研究。

## 3 地球物理勘查

### 3.1 重力异常特征

新地沟地球化学子块体位于重力高 [  $\Delta g =$

( - 140 ~ - 152 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ] 与重力低 [  $\Delta g =$  ( - 170 ~ - 192 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ] 过渡型线性梯级带 [  $\Delta g =$  ( - 152 ~ - 170 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ]。这种特征在剩余重力异常图上表现得更为突出, 该子块体恰好位于剩余重力异常零值线位置(图 3)。

据物性资料, 二道凹群岩石的密度大于 2.74 g/cm<sup>3</sup>, 集宁群岩石的密度为 2.76 g/cm<sup>3</sup>, 均为高密度体, 异常的质量相对较大, 而大东山花岗岩体岩石的密度小于 2.60 g/cm<sup>3</sup>, 为较低密度体, 异常的质量相对较小, 前者形成重力高异常, 后者形成重力低异常。由大东山花岗岩体向前寒武纪绿岩带过渡, 异常的质量逐渐增大, 因此, 在过渡区形成向南凸出的同向扭曲的线性梯级带。剩余重力异常零值线位置是大东山花岗岩体的下底南界, 处于该位置的新地沟地球化学子块体, 显然是处在大东山巨型花岗岩体的内、外接触带位置。

卯独庆地球化学子块体的西南侧重力高 [  $\Delta g =$  ( - 110 ~ - 136 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ], 东北侧重力低 [  $\Delta g =$  ( - 150 ~ - 162 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ], 其间为呈北西向展布的重力梯级带 [  $\Delta g =$  ( - 136 ~ - 150 ) × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup> ]。该子块体位于该重力梯级带或重力低缓斜坡。

### 3.2 磁异常特征

新地沟子块体位于宽缓且稳定的零值偏负的磁异常区的局部升高正磁异常的边部。磁场低缓、平

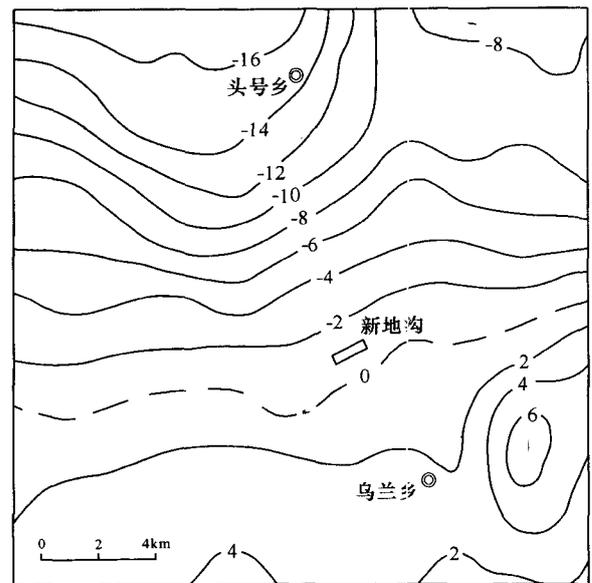


图 3 新地沟子块体剩余重力异常图(单位: × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup>)

Fig. 3 Residual gravity anomaly map of Xindigou sub-block (in × 10<sup>-5</sup> m/s<sup>2</sup>)

静、宽阔,为二道凹群和集宁群弱磁性基底引起,局部升高的三处椭圆状正磁异常( $\Delta T = 150 \sim 300$  nT),是磁铁石英岩和少量科马提岩所致。

综上所述,新地沟-乌兰乡以南负磁场和重力高相一致,是由弱磁性、密度大的二道凹群和集宁群基底构造层所引起;新地沟北侧的负磁场和重力低相一致,是由弱磁性、密度较小的大东山花岗岩体所引起;两者之间的线性梯级带和剩余重力异常零值线(含梯级带),无疑是大东山花岗岩体内、外接触带所致。

据统计,内蒙古中部大青山绿岩带内 80.6% 的金矿床(点),都分布在重力高与重力低的过渡型线性梯级带和负磁场区局部升高正磁异常的边部。新地沟金地球化学子块体正好处于这样的位置,无疑是最佳成矿部位。

卯独庆地球化学子块体的西侧为负磁异常区( $\Delta T = 0 \sim -150$  nT),东侧为正磁异常区( $\Delta T = 150 \sim 300$  nT),其间为正、负磁异常过渡带( $\Delta T = -150 \sim 150$  nT)。该子块体位于该过渡带的正磁异常的

边部。

### 3.3 激电异常特征

#### 3.3.1 新地沟矿区

电法测量仪器:WDFX-2型电法发送机及WDJS-1型电法接收机。面积测量激电中间梯度装置供电极距:AB=1 200 m;测量极距:MN=40 m。剖面间距为200 m,点距为20 m,平面上实际形成的测网网度为200 m×20 m。供电周期:32秒,即正反向供电均为8秒;供电电流:3~6 A。每日进行检查,要求极差小于10 mV,漏电检查要求不大于500兆欧。激电测深采用不等比对称四极装置。

该矿区内的激电异常可分为4个片区(图4)(草垛山和羊圈湾化探异常区尚未进行激电测量)。

##### (1) 油篓沟激电异常片区

该片区从110线(160点~240点)到340线(140点~190点),总体呈北西西向带状展布(图4),长约4 000 m,平均宽600 m,面积2.4 km<sup>2</sup>,视极化率为3%~7%。其东南端与中乌兰激电异常片区相连接,北侧与新地沟、下半沟异常片区相连接,连接

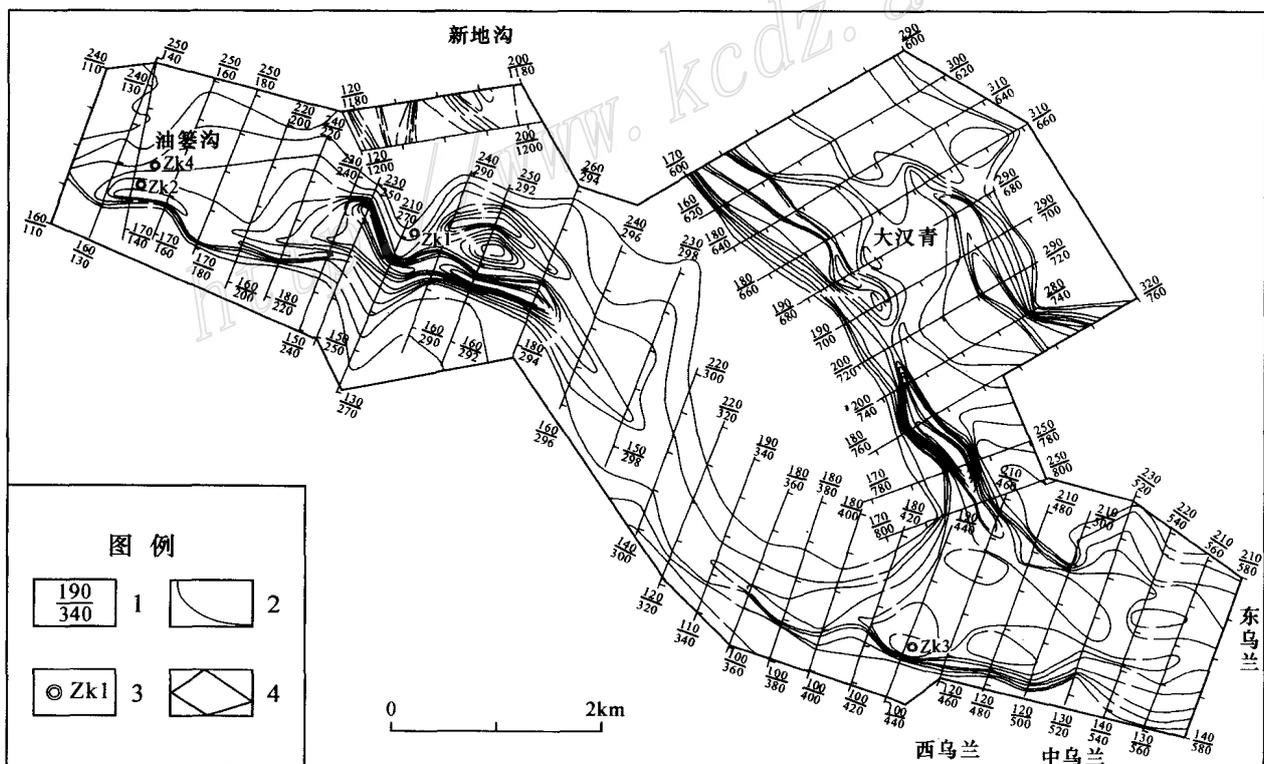


图4 新地沟矿区视极化率( $\rho_f$ )异常平面图

1—点号/线号;2—视极化率等值线(单位:%);3—钻孔位置及编号;4—测区范围

Fig.4 Apparent polarizability anomaly ( $\rho_f$ ) map of the Xindigou ore district

1—Serial number of point/line; 2—Contour line of apparent polarizability (in percentage); 3—Location and serial number of drill hole; 4—Survey area

处的视极化率值为 3%~6%。该片区的视极化率最大值为 8%~9%;视电阻率异常值为 300~2 000  $\Omega\cdot\text{m}$ ,为中低视电阻率异常,基本上与视极化率异常相一致,其视电阻率最小值为 100  $\Omega\cdot\text{m}$ 。

该片区与 1:5 万水系沉积物金异常( $20\times 10^{-9}$ ~ $200\times 10^{-9}$ )和 1:1 万土壤化探金异常之 Ap1、Ap2、Ap3、Ap4 等相吻合,微矿化露头明显。

#### (2) 中乌兰激电异常片区

该片区从 340 线(110 点~190 点)到 580 线(130 点~212 点),总体呈近东西向展布的长方形异常(图 4),长约 2 000 m,宽约 1 000 m,面积 2.0  $\text{km}^2$ 。其视极化率异常值为 2.5%~5.5%,最大值为 6%。其西侧与油篓沟激电异常片区相连接,北侧与大汉青激电异常片区相连接。其东侧视极化率为 3%~4.5%,异常等值线未封闭,有向东延伸的趋势。该片区的视电阻率异常值为 200~2 000  $\Omega\cdot\text{m}$ ,为中低视电阻率异常,基本上与视极化率异常相吻合,其视电阻率最小值为 100  $\Omega\cdot\text{m}$  左右。

该片区与 1:5 万水系沉积物金异常( $10\times 10^{-9}$ ~ $50\times 10^{-9}$ )和 1:1 万土壤化探金异常 Ap11、Ap12 相吻合,微矿化露头较明显。

#### (3) 大汉青激电异常片区

该片区从 600 线(170 点~292 点)到 800 线(190 点~252 点),总体呈北西向展布的似长方形异常带(图 4),长约 1 800 m,宽约 1 500 m,面积 2.7  $\text{km}^2$ 。其视极化率异常值为 3.5%~7%,最大值为 11%。该异常的北西侧和南东侧均未封闭,有大幅度向北西和南东延伸的趋势。其视电阻率异常值为 300~2 000  $\Omega\cdot\text{m}$ ,为中低视电阻率异常,基本上与视极化率异常相一致,其视电阻率最小值为 100  $\Omega\cdot\text{m}$ 。

该片区与 1:5 万水系沉积物金异常( $50\times 10^{-9}$ ~ $200\times 10^{-9}$ )和 1:1 万土壤化探金异常 Ap8、Ap9、Ap10 相吻合,微矿化露头很明显。

#### (4) 新地沟(含上半沟、下半沟)激电异常片区

该片区从 1 140 线到 2 000 线(114 点~200 点),总体呈北北西向展布,为似椭圆状异常(图 4),长约 2 900 m,宽约 800 m,面积 2.3  $\text{km}^2$ 。其视极化率异常值为 3%~7%,最大值为 8%。该异常南侧与油篓沟激电异常片区相连接。该片区的视电阻率异常值为 200~1 500  $\Omega\cdot\text{m}$ ,为中低视电阻率异常,基本上与视极化率异常相一致,其视电阻率最小值为 100  $\Omega\cdot\text{m}$ 。

该片区与 1:5 万水系沉积物金异常( $20\times 10^{-9}$

~ $200\times 10^{-9}$ )和 1:1 万土壤化探金异常 Ap5、Ap6、Ap7 相吻合,微矿化露头非常明显。

该矿区的高精度磁测,使用 IGS-2/MP-4 质子磁力仪,与激电法测量同点位进行观测。油篓沟、大汉青、中乌兰、新地沟(含上半沟和下半沟)4 个片区的磁异常,基本上与其激电异常相对应。磁异常强度一般为  $\Delta T=50\sim 100\text{ nT}$ ,局部可达  $\Delta T=500\text{ nT}$ ,新地沟异常片区的磁异常强度较大,最高可达  $\Delta T=1\ 000\text{ nT}$ 。磁异常和激电异常可能为同源异常。

#### 3.3.2 卯独庆矿区

电法测量仪器:WDFX-2 型电法发送机及 WDJ-1 型电法接收机。面积测量激电中间梯度装置供电极距:AB=1 000 m;测量极距:MN=40 m。剖面间距不等(100~200 m),一般为 120 m 或 140 m 左右,点距为 20 m,平面上实际形成的测网网度为 120 m $\times$ 20 m。供电周期:32 秒,即正反向供电均为 8 秒;供电电流:3~6 A。每日进行检查,要求极差小于 10 mV,漏电检查要求不大于 500 兆欧。激电测深采用不等比对称四极装置。

在卯独庆矿区内圈出了 5 处激电异常,如果以 2%为异常下限,可将 5 处激电异常圈为一个长条带状异常,其总体呈北西向展布(图 5)。

##### (1) I 号激电异常

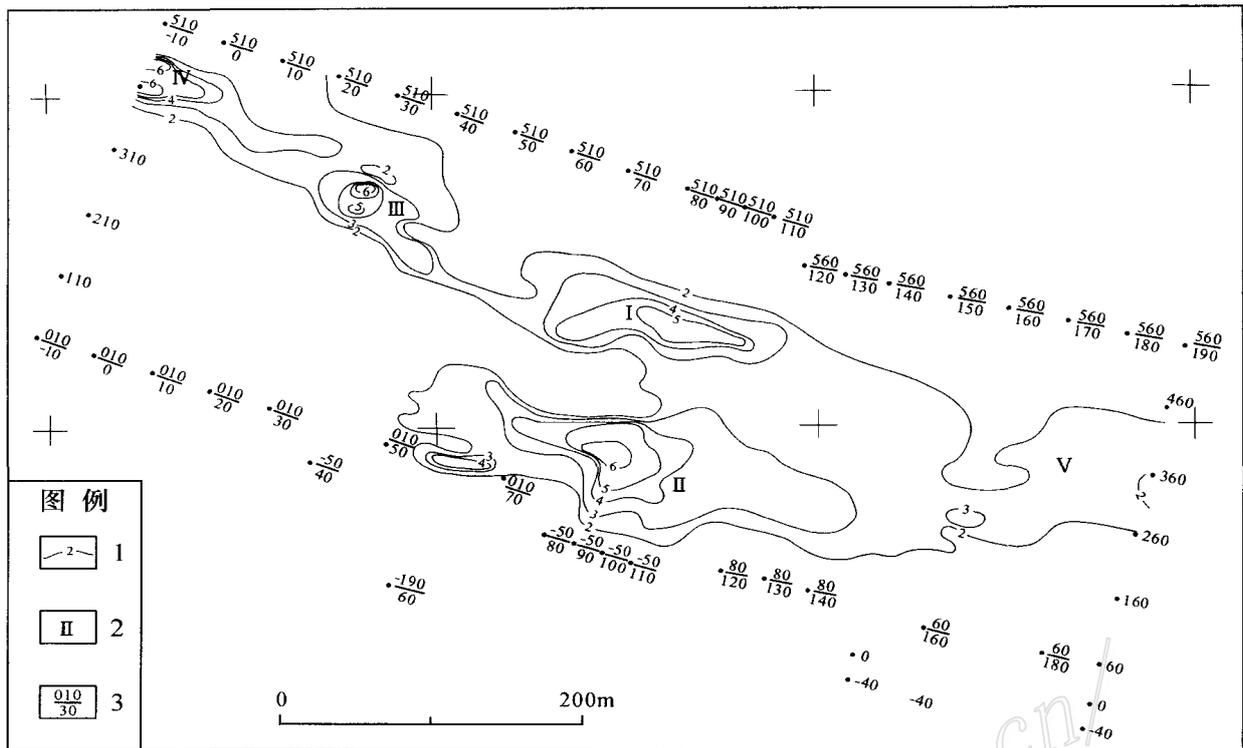
I 号异常位于 60~120 线(230 点~350 点)之间,长约 400 m,宽约 100 m,呈近东西向展布(图 5)。其视极化率异常值为 3%~7%,最高可达 7.2%;视电阻率异常值为 300~1 000  $\Omega\cdot\text{m}$ ,最小值为 100  $\Omega\cdot\text{m}$ 。如果按 2%视极化率圈定异常,则视极化率异常的长度大于 1 000 m,宽大于 100 m,为高视极化率、中低视电阻率激电异常。

目前已控制的矿化带长约 1 000 m,宽约 100 m,已在该矿化带中圈出 6 个金矿体。如果按 Au 边界品位  $0.5\times 10^{-6}$  圈定矿体,则诸矿体基本上可合为一个,与按 2%视极化率圈定的异常完全吻合,与 1:1 万土壤化探的 I 号金异常也完全一致。

##### (2) II 号激电异常

II 号异常位于 50~140 线(40 点~210 点)之间,长约 600 m,宽约 200 m,呈近东西向展布(图 5)。其视极化率异常值为 3%~6%,最高值为 6.1%;视电阻率异常值为 300~1 100  $\Omega\cdot\text{m}$ ,最小值为 200  $\Omega\cdot\text{m}$ ,为高视极化率、中低视电阻率激电异常。该异常与 1:1 万土壤化探的 II 号金异常基本吻合。

##### (3) III 号激电异常

图5 卯独庆矿区视极化率( $\eta_s$ )异常平面图

1—视极化率等值线(单位: %); 2—异常编号; 3—点号/线号

Fig.5 Apparent polarizability anomaly ( $\eta_s$ ) map of the Maoduqing ore district

1—Contour line of apparent polarizability (in percentage); 2—Serial number of anomaly; 3—Serial number of point/line

III号异常位于20~40线(280点~420点)之间,长约250m,宽80m,呈北西向展布(图5)。其视极化率异常值为3%~7%,最高可达10.3%;视电阻率异常值为300~1200 $\Omega\cdot\text{m}$ ,最小值为200 $\Omega\cdot\text{m}$ ,为高视极化率、中低视电阻率激电异常。从异常形态、走向及2%视极化率异常相互连接的特征分析,该异常是I号异常沿北西方向的延续部分,说明原生硫化物金矿层有向北西延伸的趋势。该激电异常与1:1万土壤化探的III号金异常基本吻合,只是Au异常强度不高,可能是地表较厚的腐植层干扰所致。

#### (4) IV号激电异常

IV号异常位于-10线到20线(320点~470点)之间,长大于600m,宽80m,呈北西向展布(图5)。其视极化率值为3%~6%,最高可达6.9%;视电阻率异常值为300~900 $\Omega\cdot\text{m}$ ,最小值为100 $\Omega\cdot\text{m}$ ,亦为高视极化率、中低视电阻率激电异常。该异常尚未封闭,有大幅度向西延伸的趋势。从异常形态、走向及2%视极化率异常相互连接的特征分析,该异常是I号和III号异常沿北西方向连续延伸的部分,其6%

高视极化率的两个异常中心仍未封闭,以及5%视极化率异常大幅度向西延伸的趋势均表明,该异常范围较大,应补做工作,圈闭异常。该激电异常区未见1:1万土壤化探金异常,可能是地表腐植层太厚所致。

#### (5) V号激电异常

V号异常位于I号和II号异常东侧的150~190线(260点~400点)之间,异常强度不高,为宽缓片状异常,总体呈近东西向展布(图5)。其视极化率异常为2%~3%,最高值为4%;视电阻率异常值为500~1200 $\Omega\cdot\text{m}$ ,最小值为200 $\Omega\cdot\text{m}$ ,为中低视极化率和视电阻率异常。该异常东侧未封闭,有大幅度向东延伸的趋势。从异常形态、走向及2%视极化率异常相互连接的特征分析,该异常是I号和II号异常的东延部分。与该激电异常相对应的1:1万土壤化探的V号金异常,异常强度较高,范围较大,其东侧亦未封闭且向东延伸的趋势明显。

### 3.4 综合解释及验证结果

#### 3.4.1 新地沟矿区

该矿区内,原生硫化物金矿体的电阻率为  $164.1 \sim 234.3 \Omega \cdot m$ ,极化率为  $6.83\% \sim 19.19\%$ ;其余岩石的电阻率均大于  $1204 \sim 12873.2 \Omega \cdot m$ ,极化率均小于  $2.63\% \sim 3.91\%$ 。原生硫化物金矿体的磁铁矿和磁黄铁矿含量较高,而其余岩石的磁铁矿和磁黄铁矿含量较低,甚至不含,因此,与原生硫化物矿体之间不但存在着显著的电性差异,而且磁性差异亦很明显。

由前述岩石、矿石的物性特征和化学成分可知,引起激电异常的主要是原生硫化物金矿体,引起磁性异常的则是原生硫化物矿石中的铁磁性物质。

(1) 油篓沟片区

验证结果,10个钻孔均见原生硫化物金矿体,证明油篓沟矿段的面积为  $2.4 \text{ km}^2$  的激电异常由原生

硫化物金矿体引起,磁异常由原生硫化物矿体中的铁磁性矿物所致。该矿段目前正在有计划地开采(图6)。

(2) 中乌兰片区

ZK 3 钻孔(图4)见有以黄铁矿为主的原生硫化物金矿体,所取三个样品的金品位为  $2 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ ,坑探、槽探也见金矿层。证明中乌兰片区的激电异常由原生硫化物金矿体引起,其磁异常由原生硫化物矿体中的磁黄铁矿所致。

(3) 大汉青片区

2个验证钻孔均见以黄铁矿为主的原生硫化物金矿体,其金品位为  $3 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ ,地表探槽也见金矿体。证明大汉青片区的激电异常由原生硫化物金矿体引起,其磁异常由原生硫化物矿体中的

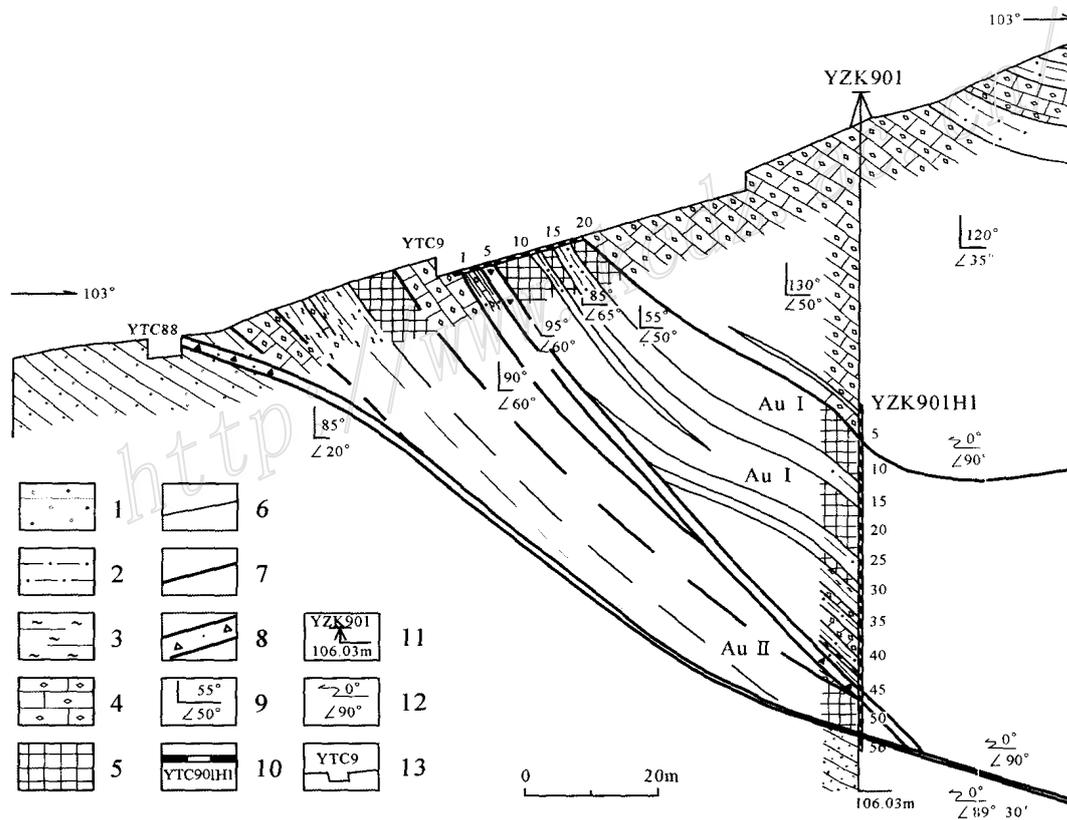


图 6 新地沟矿区油篓沟矿段 9 勘探线剖面图

1—侏罗系砂砾岩;2—糜棱岩;3—绿泥千糜岩;4—结晶灰岩;5—金矿体及编号;6—地质界线;7—性质不明断层;8—断层破碎带;9—地层或断层倾向及倾角;10—采集位置及编号;11—钻孔位置、孔号及孔深;12—测斜位置及结果;13—探槽位置及编号

Fig.6 Geological section along No.9 exploration line of Youlougou ore block in the Xindigou ore district

1—Jurassic sandy conglomerate; 2—Mylonite; 3—Chlorite phyllitic mylonite; 4—Crystalline limestone; 5—Gold orebody and serial number; 6—Geological boundary; 7—Indeterminate fault; 8—Fault shatter zone; 9—Inclination and dip angle of seam or fault; 10—Sampling site and serial number; 11—Location, serial number and depth of drill hole; 12—Inclination position and result; 13—Location and serial number of exploratory trench

磁黄铁矿所致。

#### (4) 新地沟(含上半沟、下半沟)片区

3个验证钻孔均见原生硫化物金矿体(图7),其磁黄铁矿含量可达4%~5%,金平均品位为 $1.67 \times 10^{-6} \sim 3.35 \times 10^{-6}$ 。证明该片区的激电异常由原生硫化物金矿体引起,其磁异常由原生矿体中所含的铁磁性矿物所致。该矿段目前已进行局部开采。

#### 3.4.2 卯独庆矿区

该矿区内,原生硫化物金矿体的视极化率较高( $\eta_s > 2.5\%$ ),而其余岩石的视极化率均较低( $\eta_s < 1.2\%$ ),两者之间存在明显差异,表明原生金矿体即为高激化体。I号、II号、III号和V号激电异常均与1/1万土壤化探的Au异常相对应,说明原生金属硫化物的含量与金含量呈正相关关系。由此推断,这4

个激电异常由深部隐伏矿体引起,且与金的化探异常为同源异常。

IV号激电异常片区未见金的化探异常。该激电异常处于森林茂密、灌木丛生地段,地表腐植层很厚,腐植化程度很高,腐植层中的腐植酸直接影响着金元素的迁移、富集和存在形式。该激电异常区未见金的化探异常出现就是腐植层中有机质干扰的结果。该激电异常的形态和强度均与I号和II号异常相同,按2%视极化率圈定,又与其余激电异常连接为一个异常。由此推断,IV号激电异常亦应由深部隐伏原生金矿体引起。

经验证,I号异常区的槽探、坑探和7个钻孔均见原生硫化物金矿体,金平均品位为 $2.3 \times 10^{-6} \sim 6.6 \times 10^{-6}$ ,证明该激电异常为原生金矿体引起。该矿段目前正在大规模开采。

II号和V号激电异常区,经硃探、坑探和钻探验证,均见原生金矿体,证明这两个激电异常亦为原生金矿体引起。其金品位较低( $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ ),可能是钻探深度未达到主矿体所致。

III号和IV号激电异常尚未验证,但据异常的形态、特征和强度均与I号异常相同,可推断这两个异常均由原生硫化物金矿体引起。

IV号异常向西大幅度延伸及V号异常具向东延伸的趋势,可能是深部原生金矿体向西、向东延伸的反映。

## 4 结论

(1) 勘查及研究结果表明,研究区内的下元古界二道凹群绿岩地层是金的主要赋存层位。在新地沟矿区的8个矿段,主要含矿层位是二道凹群第一岩性段的糜棱岩和千糜岩;在卯独庆矿区,金矿化发育于二道凹群第二岩性段的片岩与大理岩的过渡带,赋矿岩石为片岩夹透镜状大理岩。金矿化严格限于糜棱岩、千糜岩和片理化带内,具明显的层控特点。

(2) 在内蒙古中部地区,韧性剪切带、破碎带、断裂交汇处,岩体缓倾斜一侧、褶皱构造的层间滑脱带及转折端和轴部,对金矿的形成和分布具有重要的控制作用,是较有利的成矿部位。控矿因素可以概括为:层位(岩性)+剪切变形变质带+褶皱层间滑脱带和轴部+构造。

(3) 据内蒙古中部各类金矿床(点)统计结果,

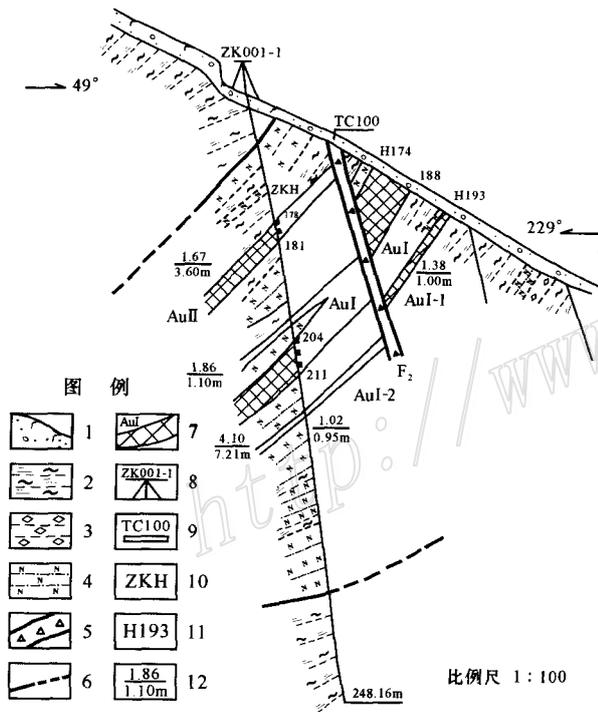


图7 新地沟片区钻孔剖面图

1—第四系腐植土及残坡积层;2—绢云绿泥千枚岩;3—碳酸盐化千糜岩;4—长英质糜棱岩;5—断层破碎带;6—性质不明断层;7—金矿体及编号;8—钻孔位置及编号;9—探槽位置及编号;10—孔深;11—标高;12—金矿层厚度及品位

Fig.7 Drill hole profile of Xindigou sub-area

1—Quaternary humic soil and residual-slope wash bed; 2—Sericite-chlorite phyllite; 3—Carbonatized phyllitic mylonite; 4—Felsic mylonite; 5—Fault shatter zone; 6—Indeterminate fault; 7—Gold ore body and serial number; 8—Location and serial number of drill hole; 9—Location and serial number of exploratory trench; 10—Depth of drill hole; 11—Elevation; 12—Thickness and grade of gold ore bed

有 80.6% 的金矿床(点)分布在正负磁场过渡带、低缓负磁场区局部升高正磁异常的边部、重力梯级带、重力低缓斜坡、重力异常等值线同向扭曲、剩余重力异常零值线等部位。因而,上述地球物理特征位置是成矿的有利部位。

(4) 原生硫化物金矿层(含少量磁铁矿或磁黄铁矿)均具有高极化率、中低电阻率和中低磁化率特征,一般为有一定磁性的高极化体或良导体。因此,高视极化率、中低视电阻率激电异常与  $\Delta T$  低缓磁异常对应的部位,是寻找隐伏矿床的最重要标志。勘查实践表明,综合物探方法(激电中间梯度法和高精度磁法)是寻找深部隐伏矿体的一种廉价而有效的方法,可以在内蒙古中部地区绿岩型金矿的勘查中推广使用。

(5) 下元古界二道凹群绿岩带内,绢云母化、钾化、硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、绿泥石化、碳酸盐化、绿帘石化、孔雀石化、方铅矿化、银矿化等强烈蚀变地段,与金矿化关系较密切,其中,褐铁矿化、黄铁矿化、硅化、孔雀石化、方铅矿化、银矿化等矿化现象,其本身就可能为一含金较富的强矿化地质体,可作为直接找矿标志。

(6) 位于上述地质、构造、地球物理异常部位的 1:20 万区域化探扫面异常,经 1:5 万水系加密测量后,异常重现性好,浓集中心较明显,有一定强度,并有相关成矿元素组合特征显示,是重要的找矿标志。

地球化学标志可概括为:①成矿元素异常为 Au;②直接指示元素异常组合为 Au-Ag-Cu-Cd;③间接指示元素异常组合为 Hg-As-Sb-Bi-Mo;④成矿环境元素异常组合为 Fe-Mg-V-Ti-Co-Mn-Bi-F-La-Y-Zr-K-Si-U-Li-Nb。

值得注意的是,过去只重视高、大、全(强度高、面积大、元素组合齐全)化探异常的查证工作,而忽视了可能由深部隐伏矿床所反映和引起的低、缓、弱化探异常的查证和综合性地质、物化探工作。实践证明,要寻找具有一定埋深的隐伏矿床,必须高度重视低、缓、弱化探异常。

(7) 油篓沟矿段氧化带的深度为 8~12 m,其下为原生矿;卯独庆矿区氧化带的深度为 40 m 左右,其下为原生矿。同样产于下元古界二道凹群糜棱岩带内的摩天岭矿区,氧化带的平均深度为 115.52 m,其下是否有原生矿尚不清楚。按照一般规律,氧化带深度均为 50 m 左右,其下应发育有原生矿,油篓沟、卯独庆等金矿皆如此。摩天岭矿区则具特殊性,

氧化带深度可达 146.70 m,依据成矿规律分析,其下应有巨厚的、埋藏很深的原生矿。

(8) 国外绿岩型金矿的成矿深度(含采矿深度)多在 1 000 m 以上,有的大于 3 000 m,如印度科拉尔金矿和南非金矿则可达 3 500 m。国内绿岩型金矿的垂向延伸相对较浅,一般为 200~700 m,河南小秦岭金矿可达 1 000~2 000 m,而内蒙古中部仅 200 m 左右。国外绿岩型金矿的成矿时代与绿岩时代同步或稍晚一点;国内绿岩型金矿的主要成矿时代多为燕山期。可以这样认为,就内蒙古中部绿岩型金矿成矿时代而言,似乎忽略了与绿岩带形成同步的金矿类型,就其成矿深度而言,似乎也忽略了 200~3 000 m 这个深度的绿岩型金矿。

最近在内蒙古中部下元古界绿岩带内发现的油篓沟金矿和卯独庆金矿,可能属于沉积变质层控型绿岩金矿,成矿时代为元古代,与绿岩带形成基本同步。就是说,油篓沟和卯独庆金矿的成矿时代和成矿类型,与国外绿岩型金矿的成矿时代和成矿类型是相同的,这对该地区的进一步工作似有新的启发。

内蒙古中部绿岩型金矿的已控制的垂向延伸仅 200 m 左右,与国内河南小秦岭金矿(延伸 1 000~2 000 m)相比有很大差异;与国外印度、南非的绿岩型金矿(延伸大于 3 000 m)相比差异更大。因而,在内蒙古中部地区 200~3 000 m 深度,寻找到大型绿岩型金矿的潜力不可忽视。

## References

- Chen J M, Liu G, Li C C, et al. 1996. Geology of greenstone type gold deposits in the Wula-Daqing Mountains, Inner Mongolia, China [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~60 (in Chinese).
- Hu F X, Huang Z Q, Li S W, et al. 2002. Geological characteristics of greenstone and greenstone type gold deposits in middle part Inner Mongolia [J]. Progress in Precambrian Research, 25(3-4):190~197 (in Chinese with English abstract).
- Huang Z F, Liao L, Wang S G, et al. 2001. Theory and application of geochemical block [J]. Geology of Inner Mongolia, (3):23~31 (in Chinese with English abstract).
- Jia W. 1994. Archean era greenstone belt gold deposit of ore-hunting evidence in middle part Inner Mongolia [J]. Geology of Inner Mongolia, (1):54~63 (in Chinese with English abstract).
- Kang H Z. 2000. The geological characteristics of Maoduqing gold deposit of Daqingshan area in Hohhot, Inner Mongolia [J]. Geology of Inner Mongolia, (4):9~12 (in Chinese with English abstract).
- Xie X J and Liu D W, et al. 2001. Developed of idea and mean in geochemistry pieces [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1~120 (in Chinese).

nese) .

- Xu G Q, Li J F and Zhang L Q. 2001. Congenial and founding ore direction to Erdaowa group distribution area in the eastern of Daqing-shan, middle in Inner Mongolia [ J ]. *Geology of Inner Mongolia*, (1) :12 ~ 15 (in Chinese with English abstract) .
- Zhang Z F. 1998. Synthetic prospecting model of Xindigou gold anomaly area in middle asia, Inner Mongolia [ J ]. *Geology of Inner Mongolia*, (1) :1 ~ 23 (in Chinese with English abstract) .

#### 附中文参考文献

- 陈纪明,刘纲,李才春,等. 1996. 内蒙古乌拉山—大青山绿岩型金矿地质[ M ]. 北京:地质出版社. 1 ~ 60 .
- 胡凤翔,黄占起,李四娃,等. 2002. 内蒙中部地区绿岩及绿岩型金矿成矿地质特征 [ J ]. 前寒武纪研究进展,25(3-4) :190 ~ 197 .
- 黄增芳,廖蕾,王守光,等. 2001. 地球化学块体的理论及应用 [ J ]. 内蒙古地质,(3) :23 ~ 31 .
- 贾文. 1994. 内蒙古中部地区绿岩带金矿找矿标志 [ J ]. 内蒙古地质,(1) :54 ~ 63 .
- 康红在. 2000. 呼和浩特市大青山区卯独庆金矿床地质特征 [ J ]. 内蒙古地质,(4) :9 ~ 12 .
- 谢学锦,刘大文. 2001. 地球化学块体概念与方法学的发展 [ M ]. 北京:地质出版社. 1 ~ 12 .
- 徐国权,李建伏,张履桥. 2001. 内蒙古中部大青山东段二道凹群分布区金矿找矿方向 [ J ]. 内蒙古地质,(1) :12 ~ 15 .
- 张振法. 1998. 内蒙地轴中段新地沟金异常区综合找矿模式 [ J ]. 内蒙古地质,(1) :1 ~ 23 .

## Geochemical and geophysical prospecting for greenstone type gold deposits in central Inner Mongolia : A case study of Xindigou and Maoduqing areas

ZHENG Fan-shen, XU Guo-quan, FENG Zhen, CAI Hong-jun and ZHANG Zhen-fa

( Geological Department, Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Exploration, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China)

#### Abstract

To find out sizes and extensions of concealed orebodies in the depths, the authors carried out IP (intermediate gradient device) and high precision magnetic survey in Xindigou and Maoduqing geochemical anomaly areas. In Xindigou geochemical anomaly area, an IP and magnetic anomaly of some 10 km<sup>2</sup> was delineated, which is not closed and shows remarkable trend of outward extension. In Maoduqing geochemical anomaly area, an IP anomaly of about 2.5 km<sup>2</sup> was delineated. The IP anomaly is on the whole consistent with the geochemical anomaly, suggesting that they are cogenetic anomalies. Inspection shows that IP anomalies in Xindigou and Maoduqing are both induced by primary orebodies. It is thus concluded that the integrated geophysical-geochemical exploration method is the most cheap, most practical and most effective method in prospecting for concealed orebodies.

**Key words :** geology, greenstone type gold deposit, micro-mineralization outcrop, geophysical exploration, geochemical exploration, geochemical block, Xindigou, Maoduqing