

内蒙古查干诺尔铜矿地质特征及综合找矿信息

刘晓雪,俞初安,汤超,赵丽君,谢瑜,段明

(中国地质调查局天津地质调查中心,天津 300170)

摘要:查干诺尔铜矿位于索伦山-东乌旗成矿带中。本文根据矿区勘查成果,分析了矿床地质特征、物化探异常特征、控矿因素、综合找矿信息,认为铜矿(化)体主要产在钾长花岗岩的内外接触带上,矿区围岩蚀变强烈,主要有钾化、绢英岩化、高岭土化、青盘岩化等。综合物化探等综合找矿信息,为找矿工作提供了重要指导。

关键词:查干诺尔;地质特征;综合找矿信息

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2016)04-0254-06

查干诺尔铜矿是天津地质调查中心在2006年先后由“内蒙古索伦山-东乌旗成矿带成矿环境、找矿方向及勘查技术方法研究”工作项目和“内蒙古查干诺尔铜矿普查评价”项目发现的,该矿区位于内蒙古自治区达茂旗北部满都拉镇范围内,周边地区是内蒙古北部铜矿点集中分布区之一,分布有哈尔陶勒盖多金属矿、查干哈达庙铜矿、那勒呼都嘎、沙尔陶勒盖、乌珠新乌苏等铜和铜金矿点^[1-2],这些矿点有斑岩型、块状硫化物型、矽卡岩型,均具有一定的找矿前景。矿区工作综合物化探综合成果,通过槽探及钻探工程验证,圈定部分矿体。本文初步总结了该区矿床地质特征,并提出了该区综合找矿信息,有助于提高成矿规律的认识。

1 区域地质背景

查干诺尔矿区大地构造位置处于西伯利亚板块和华北板块汇聚带附近,古亚洲成矿域兴安造山带中西部地槽褶皱系,华北陆块北缘古生代增生带中(图1)^[3-5]。由于在古生代岛弧、残留海盆、活动陆缘和中生代拗陷盆地的复杂背景上又叠加了同期或后期的推覆构造,致使研究区经历了错综复杂的构造变动及频繁的演化活动,由原来的近东西向的构造格局演化为北东向构造格局,这些变化对铜矿的形成产生了重大影响。

区内出露的主要地层:1)上石炭统本巴图组,岩性为砂岩、凝灰质岩、火山岩及灰岩;上石炭-下二叠

统阿木山组,岩性为岩屑砂岩、粉砂岩、凝灰岩及生物碎屑灰岩。2)二叠系下统可分两个组:大石寨组为中性火山岩、火山碎屑岩夹灰黑色灰岩;哲斯组为长石砂岩、粉砂岩及生物碎屑灰岩。3)侏罗系上统火山岩及火山碎屑岩。其中石炭系本巴图组及下二叠系大石寨组地层为本区域的赋矿围岩。

区内侵入岩较发育,形成于俯冲带背景或与碰撞造山有关的钙碱性、高钾钙碱性花岗质侵入岩,且多呈杂岩体或单个小岩体产出,部分岩体具有明显的浅成特征,发育斑状和似斑状结构,对斑岩型矿床的成矿十分有利。侵入岩主要有花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩。

2 矿区地质特征

矿区出露地层主要为晚古生界上石炭统本巴图组变质凝灰岩、变质沉凝灰岩;下二叠统大石寨组变安山岩、变英安岩、变粗安岩、变质角砾熔岩,中、新生界地层^[7]。其中,中、新生界地层主要包括中生界白垩系下统李三沟组、新生界古近系始新统阿山头组和全新统冲积层(图2)。

矿区断裂主要有三条^[9],北部的乌华南推覆构造带,由两条逆断层组成,总体走向70°,长约15 km,影响宽度600 m。破碎带发育,是良好的导矿、储矿构造,为后期热液运移提供空间。南部为乌珠新乌苏断裂,赛尔音呼都格-胡格图断裂。

区内侵入岩分布广泛,主要为钾长花岗岩、闪长

收稿日期:2016-09-18

资助项目:内蒙古自治区地质矿产勘查项目“内蒙古索伦山-东乌旗成矿带成矿环境、找矿方向及勘查技术方法研究(2004-1-KY08)”

作者简介:刘晓雪(1981-),女,硕士,工程师,主要从事矿产地质调查工作,E-mail:liuxiaoxue_0@163.com。

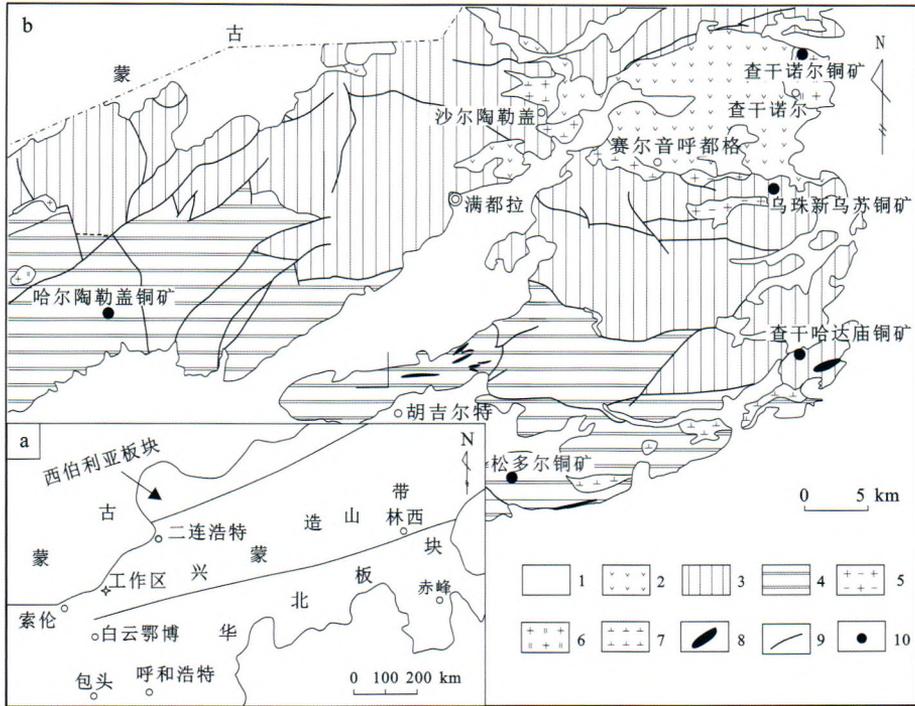


图1 内蒙古查干诺尔一带大地构造位置(a)及铜矿点分布简图(b) (据汤超等,2013修改)^[6]

Fig.1 Maps showing tectonic setting (a) and simplified distribution map of the copper deposit in Changannuoer district of Inner Mongolia(b) (modified from Tangchao et al.2013)^[6]

1. 中生代断陷盆地;2. 上侏罗统火山岩、碎屑岩;3. 下二叠统火山岩、碎屑岩及碳酸盐岩;4. 中上石炭统火山岩、碎屑岩及碳酸盐岩;5. 黑云母花岗岩;6. 黑云母二长花岗岩;7. 闪长岩;8. 基性、超基性岩;9. 主要断层;10. 矿床(点)

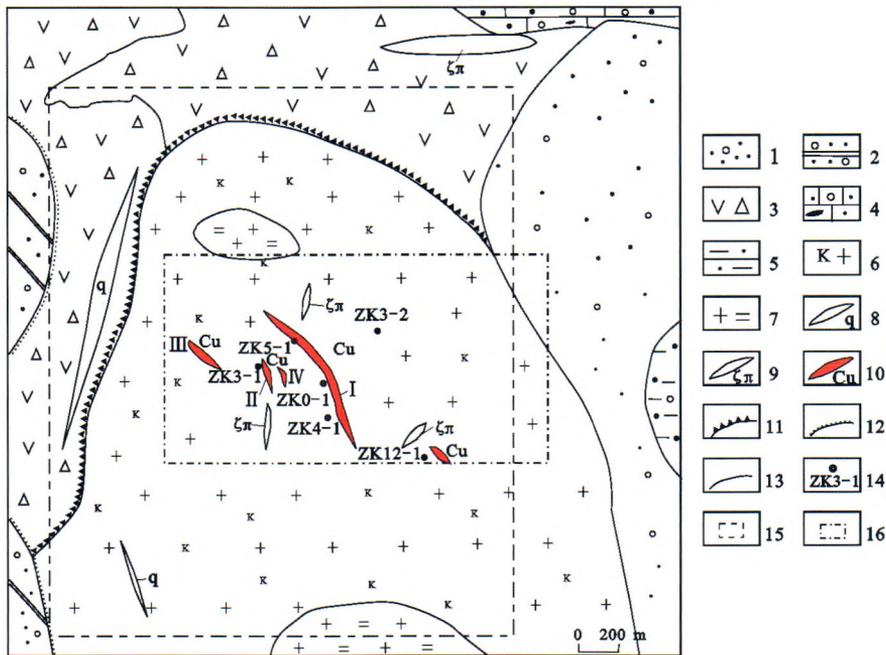


图2 内蒙古达茂旗满都拉查干诺尔铜矿区地质略图 (据刘晓雪等,2007修改)^[6]

Fig.2 Geological sketch map of the Changanuoer copper deposit in the Damao city Mandula town of Inner Mongolia(modified from Liu Xiaoxue et al.2007)^[6]

1. 第四系冲洪积含砾砂土;2. 白垩系下统李三沟组砂砾岩夹薄层灰岩;3. 二叠系下统大石寨组二段安山岩夹碎屑岩;4. 二叠系下统哲斯组夹砂砾生物碎屑灰岩;5. 古近系始新统阿册头组含砾砂泥岩;6. 中二叠世钾长花岗岩;7. 中二叠世二长花岗岩;8. 石英脉;9. 英安斑岩;10. 铜矿化带;11. 角岩化带;12. 实测不整合地质界线;13. 实测地质界线;14. 钻孔位置及编号;15. 激电工作范围;16. 土壤化探范围

岩及二长花岗岩等。这些侵入体构成杂岩体,被下白垩世李三沟组砾岩层不整合覆盖。其中钾长花岗岩是出露面积最大的侵入体,分布在杂岩体的北侧,呈脉动式侵入花岗闪长岩体和二长花岗岩体。岩石为肉红色,似斑状或中-细粒结构,块状构造,矿区的铜矿化均分布在该岩石中。

已测得矿区获得二长花岗岩锆石 U-Pb Tims 法年龄为 $262.8 \pm 1.2 \text{ Ma}^{[8]}$, 岩体主体形成于中二叠世,同时受中生代岩浆作用的叠加,应为碰撞造山后形成的岩体,成矿作用稍晚于杂岩体侵入冷凝时期,因此,推断铜矿的成矿时代为华力西晚期。

岩石化学特征(表1)表明,岩体以中酸性岩为主, SiO_2 含量为 55.64% ~ 76.13%, 平均含量为 66% ~ 88%, 与斑岩型铜矿含矿斑岩体 (SiO_2 含量为 62% ~ 68%) 相近; Al_2O_3 为 12.18% ~ 16.62%; MgO 为 0.31% ~ 4.89%, 具高铝和低镁特征, 其中 Na_2O 为 2.78% ~ 4.17%, K_2O 为 2.75% ~ 5.85%, 多属过铝质钙碱性岩系和过铝质碱性岩系。

微量和稀土元素分析结果见表1, 根据稀土元素含量值, 利用 Sun McDonough (1989) 提出的 C1 球粒陨石丰度值进行标准化绘成图 3a。从图 3a 可看出, 配分曲线都表现为平滑向右倾, 曲线形态基本一致, REE 总量为 $59.47 \times 10^{-6} \sim 120.20 \times 10^{-6}$, LREE/HREE 为 4.76 ~ 20.63, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为 4.04 ~ 31.56, 轻重稀土分馏明显, LREE 富集; Ce 为 0.83 ~ 1.00, δEu 为 0.51 ~ 0.83, 曲线呈弱至明显的 Eu 负异常, 与上地壳稀土模式相似, 表明其物源来自上地壳。

在微量元素原始地幔标准化图解上(图 3b), 岩体样品的分布型式总体上很相似, 均呈“三隆起”的模式, 表现为 Rb、Th、Ta、Zr、Hf 等亲石元素富集, Ba、P、Ti 等高场强元素明显亏损。

3 物化探异常特征

3.1 地球物理异常

激电中梯所使用的仪器设备为美国 Zonge 公司生产的 GDP-16 多功能接收机和 GGT-30 发射机。

区内圈定激电中梯异常 4 个(图 4), I 异常位于钾长花岗岩与二长花岗岩接触的部位, 与地表蚀变破碎带的位置和走向吻合的较好, 长达 3 km, 宽 20 ~ 2 km。II 号异常激化率较高, 向西未封闭, 呈高激化、中低阻特点(图 5), 地表见强烈的硅化, 未见金属硫化物矿化, 具有工作价值。III 和 IV 号异常分布在工作区南部, 异常规模稍小, 其中 III 号异常值较高,

表1 查干诺尔铜矿区侵入岩主要元素($W_B\%$)、微量元素和稀土元素($W_B/10^{-6}$)分析结果

Tab.1 Major($W_B\%$), trace element and REE of the intrusive rock in Changannuoer copper deposit

样品号	CG01-HX	CG03-HX	CG04-HX	CG06-HX	CG011-HX	CG013-HX
岩石名称	闪长岩	闪长岩	二长花岗岩	二长花岗岩	钾长花岗岩	钾长花岗岩
SiO_2	56.51	55.64	71.41	76.11	76.13	73.42
TiO_2	0.89	1.06	0.16	0.22	0.15	0.26
Al_2O_3	16.62	16.46	15.23	12.53	12.18	13.44
Fe_2O_3	2.58	1.25	0.42	0.71	0.31	0.52
FeO	10.63	6.42	1.33	0.78	0.515	0.90
MnO	0.15	0.12	0.05	0.05	0.02	0.02
MgO	1.76	4.89	0.94	0.31	0.32	0.58
CaO	0.49	4.78	1.02	0.29	0.85	0.98
K_2O	3.06	2.75	4.35	5.16	5.86	4.76
Na_2O	4.17	2.78	3.41	3.27	2.79	3.52
P_2O_5	0.29	0.23	0.05	0.05	0.05	0.09
La	15.47	19.75	17.96	31.15	17.16	21.34
Ce	32.8	42.29	35.7	55.36	26.4	39.55
Pr	4.64	5.21	4.38	6.58	2.95	4.41
Nd	18.27	22.04	15.94	22.41	8.8	15.4
Sm	3.68	5.19	2.55	4.05	1.18	2.43
Eu	0.45	1.31	0.59	0.65	0.23	0.44
Gd	3.16	5.73	1.61	3.56	0.75	1.8
Tb	0.67	0.91	0.21	0.61	0.11	0.25
Dy	3.67	4.75	0.94	3.55	0.91	1.4
Ho	0.75	1.25	0.17	0.75	0.12	0.29
Er	2.31	3.47	0.46	2.35	0.34	0.86
Tm	0.43	0.45	0.07	0.45	0.06	0.14
Yb	2.75	3.05	0.42	2.85	0.39	0.81
Lu	0.47	0.51	0.07	0.48	0.07	0.14
Y	17.92	29.26	4.76	17.19	3.21	6.71
ΣREE	89.52	115.91	81.07	134.80	59.47	89.26
LREE	75.31	95.79	77.12	120.20	56.72	83.57
HREE	14.21	20.12	3.95	14.6	2.75	5.69
$\frac{\text{LREE}}{\text{HREE}}$	5.3	4.76	19.52	8.23	20.63	14.69
$(\text{La}/\text{Yb})_N$	4.04	4.64	30.67	7.84	31.56	18.9
δEu	0.39	0.73	0.83	0.51	0.7	0.62
δCe	0.94	1.00	0.96	0.90	0.83	0.95
Rb	132	121	157	165	152	154
Sr	98.6	595.0	96.5	483.0	108.0	234.0
Ba	467	900	521	932	218	577
Zr	643	156	168	113	75.2	113
Nb	10.90	7.45	11.90	6.03	8.60	8.41
Hf	21.45	4.58	5.73	3.57	2.90	3.23
Th	8.50	16.80	18.70	17.60	32.00	21.50
V	83.70	61.10	24.80	38.30	14.00	27.10
Cr	1.77	17.00	6.16	8.73	3.85	4.79
Co	35.70	8.23	2.01	4.80	4.15	3.88
Ni	1.65	16.90	3.02	8.40	37.20	15.60
U	2.89	3.55	2.22	3.83	4.40	3.10
Ta	0.98	7.45	2.55	1.47	0.75	2.91
Cs	12.10	4.70	3.05	3.20	1.70	1.95

注:分析测试单位为天津地质矿产研究所实验室

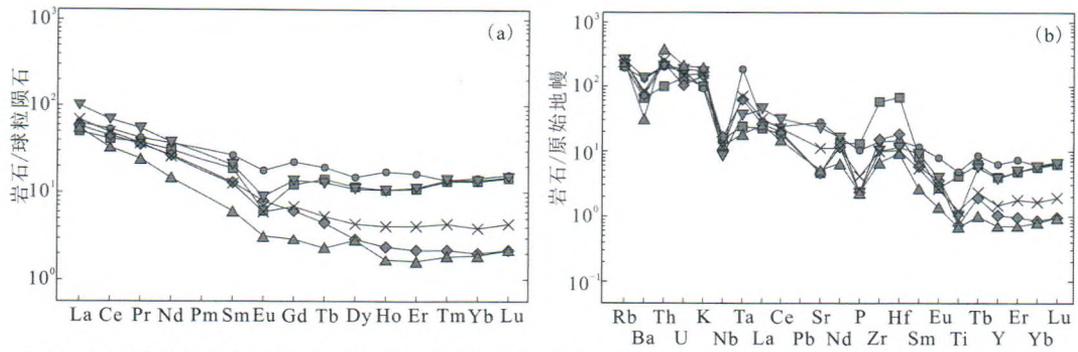


图3 查干诺尔铜矿侵入岩的稀土元素球粒陨石标准化图解(a)及微量元素原始地幔标准化图解(b)
(球粒陨石值据 Boynton, 1984^[10]; 原始地幔值据 Sun and Mcdonough, 1989^[11])

Fig.3 Chondrite-normalized REE distribution patterns (a) and primitive mantle-normalized trace elements distribution patterns of intrusive rock(b) in Changannuoer copper deposit (chondrite-normalized values after Boynton, 1984^[10]; primitive mantle-normalized values after Sun and Mcdonough, 1989^[11])

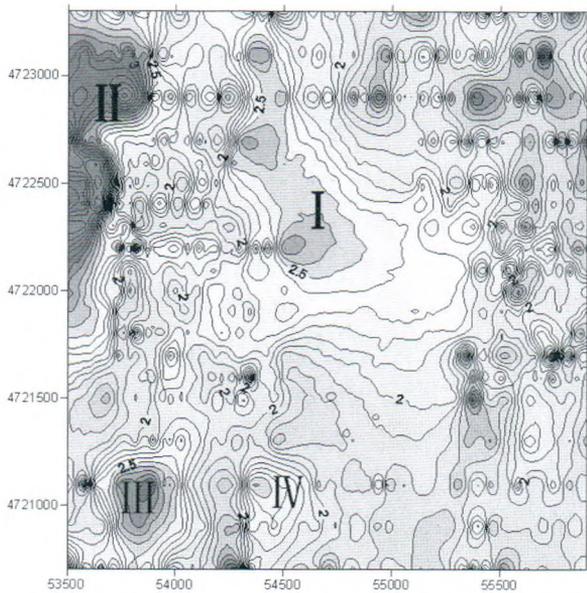


图4 查干诺尔铜矿区激电中梯测量激化率等值线图

Fig.4 The polarizability contour map of induced electric medium gradient method in Changannuoer Cu deposit

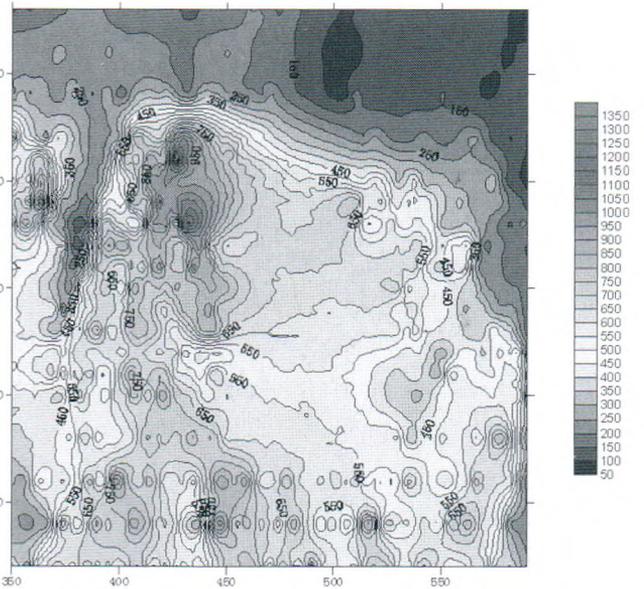


图5 查干诺尔铜矿区激电中梯测量电阻率等值线图

Fig.5 The resistivity contour map of induced electric medium gradient method in Changannuoer Cu deposit

两地表均发现孔雀石化。

3.2 地球化学异常

根据土壤测量结果,圈出了Cu、Ag、Pb、Zn、Bi及Hg、Sb、As、Mo、Sb、W等元素异常,其中异常以Cu、Zn、Ag、Bi为主(图6),伴有Pb、As、Sb、Sn、W。Cu、Zn、Ag、Bi异常呈北西向展布,异常形态完整,具有矿体前缘晕的异常特征,表明该处引起异常的矿化体为浅剥蚀特点。

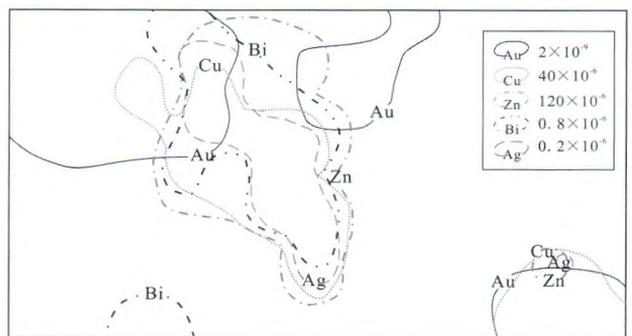


图6 查干诺尔铜矿区化探测量组合异常略图

Fig.6 Sketch map for geological measuring comprehensive anomaly of Changannuoer copper deposit

4 矿床地质特征

4.1 矿体产出状态

查干诺尔矿区赋存在早二叠世查干诺尔岩石序列的吉孙毛和尔单元中-细粒钾长花岗岩体内。岩

石呈肉红色至灰白色,具中粒似斑状花岗结构,块状构造。岩石露头破碎,片理化及次生裂隙发育,局部

有褐铁矿化、绿泥石化、硅化蚀变。岩体中见闪长玢岩侵入,并具有铜矿化蚀变,斑岩型铜矿的特点。

I号矿体产在矿区东侧,沿北北西向的破碎带产出。破碎带内见闪长玢岩脉,二长花岗岩脉,蚀变作用很强,见绿泥石化、碳酸盐化、高岭土化、硅化和绢云母化等。蚀变具分带性,两侧为高岭土化,中部为硅化和绢云母化。I号矿体为目前发现的主矿体,已控制长度550 m,东南段为一条矿体,走向345°,倾向255°,倾角70~75°,矿体宽1~4 m,单工程Cu平均品位0.43%~0.79%。

II号矿体分布在矿区西侧,矿体长约150 m,有老硐,由于该处地表覆盖厚,加之地表已采空,矿体宽未得到控制,仅在原采坑东侧取单矿样1个,宽0.30 m,Cu品位0.33%,在浅井中取样厚1.5 m,Cu平均品位0.36%。

III号矿体分布在矿区东南侧,矿体长约100 m,有老硐,由于该处地表覆盖厚,加之地表已采空,矿体宽未得到控制,仅在原采坑东侧取单矿样1个,宽0.50 m,Cu品位1.24%。

铜矿(化)体主要产于二长花岗岩与钾长花岗岩的内外接触带中,且受北北西向断裂构造破碎带控制。黄铁矿多呈自形、半自形晶分布于岩体中,往往被磁铁矿、黄铜矿、方铅矿等交代。黄铜矿常呈他形、细粒(粒径0.05~0.2 mm)分布在岩体中,而分布在石英细脉(团块)中的黄铜矿颗粒粗大,多沿石英颗粒间隙分布,粒径0.5~15 mm,黄铜矿常与闪锌矿共生,构成细脉或团块,在显微镜下常见其在闪锌矿内呈蠕虫状结构或乳浊状结构。

4.2 矿石特征

(1) 矿石成分

矿石矿物有黄铁矿、黄铜矿、孔雀石、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿等,脉石矿物主要有石英、钾长石、斜长石、绢云母、绿泥石、绿帘石等。

(2) 矿石结构构造

矿石结构比较简单,主要有晶粒状结构(包括自形、半自形、他形粒状结构)、碎裂结构、包含结构、细粒结构,矿石构造主要为块状构造,其次是网脉状构造。

4.3 围岩蚀变

矿区岩石蚀变强烈,主要有钾化、绢英岩化、硬石膏化、高岭土化、青盘岩化等。钾化较为普遍,主要表现为钾长石呈交代斑晶出现在花岗岩中,而高岭土化在矿化带两侧分布,其强度与表生条件及构

造破碎程度有关。

5 控矿因素分析

矿区的铜矿化与岩浆岩、断裂等因素关系密切。

5.1 岩浆岩条件

矿区中的中二叠世钾长花岗岩具有明显的Cu、Zn、Bi等地球化学元素组合特征,Cu等成矿元素表现相对富集。推测该区钾长花岗岩的侵入可能为Cu矿床的形成提供了成矿物质来源。

5.2 构造条件

矿区位于乌珠尔新乌苏南断层,赛尔音呼都格-胡格图断层与乌华南推覆构造带之间。石炭系、二叠系火山岩普遍具绿泥石化、绿帘石化、硅化、云英岩化、绢云母化蚀变。推覆构造断层面附近分布10~30 m宽的挤压破碎带,带内断层角砾岩呈扁豆状定向排列,为良好的导矿及输矿构造。以一级近南北向的小断裂是该区的容矿构造。铜矿化体即赋存于此类破碎带中。

6 综合找矿信息

根据大量的野外观察及综合研究成果,初步总结出该区内有以下综合找矿信息。

(1)中二叠世经历了大陆碰撞后的松弛,形成后碰撞高钾钙碱性花岗岩类,即花岗闪长岩-二长花岗岩-钾长花岗岩组成的复式岩体,这套岩浆岩演化的晚期,形成了与铜矿化有关的钾长花岗岩。

(2)以岩体接触面为中心的环形面状围岩蚀变分带是找矿的有效标志。自内向外出现:钾化~高岭土化-黄铁绢云岩化-青盘岩化典型分带特征。

(3)研究表明,区内破碎带较为发育,为良好的导矿构造,也为铜矿富集提供了容矿空间。

(4)土壤化探异常,Cu、Ag、Pb、Zn、Bi有明显的浓集中心,套合极好。

(5)异常高激化率,中低电阻率,且产于低电阻率的两侧,是找矿的重要标志。

参考文献:

- [1] 刘垚,于灵艳,王腾飞.内蒙古乌拉特后旗璠云乌苏地区哈尔陶勒盖多金属矿产地地质特征[J].科技视界,2013(31):347-348.
- [2] 胡格吉乐吐,姜大伟,杨丹妮.内蒙古达茂旗查干哈达庙铜多金属矿床地质特征[J].地质与资源,2013,22(6):484-487.

- [3] 曹生儒. 对内蒙古板块构造轮廓的新认识[J]. 地质通报, 1993(3):211-215.
- [4] 邵济安. 中朝板块北缘中段地壳演化[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991, 1-136.
- [5] 黄汲清, 任继舜. 中国大地构造及演化[M]. 北京: 科学出版社, 1980, 1-116.
- [6] 汤超, 陈军强, 刘晓雪, 等. 内蒙古达茂旗北部岩浆活动与铜金成矿作用[J]. 地质与勘探, 2013, 49(2):224-235.
- [7] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994, 1-485.
- [8] 刘晓雪, 毛德宝, 曹秀兰, 等. 内蒙古查干诺尔铜矿区矿石特征及成因探讨[J]. 地质调查与研究, 2007, 30(4):271-276.
- [9] 任军平, 张连营, 唐文龙, 等. 内蒙古达茂旗查干诺尔铜矿区构造特征浅析[J]. 地质调查与研究, 2010, 33(2): 130-133.
- [10] Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies[J]. Rare Earth Element Geochemistry, 1984, 63-114.
- [11] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic Systematics of Ocean Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes[J]. Geological Society London Special Publication, 1989, 42(1):313-345.

Geological characteristics and comprehensive ore-prospecting information of the copper deposit in Changannuoer, Inner Mongolia

LIU Xiao-xue, YU Reng-an, TANG Chao, ZHAO Li-jun, XIE Yu, DUAN Ming

(Tianjin Center of China geological survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: The Changannuoer copper ore is located in the Suolunshan-Dongwuqi metallogenic belt. The authors studied geological characteristics, geophysical and geochemical anomalies, ore body and ore characteristics on the basis of the exploration results, briefly review the ore-controlling factors, comprehensive ore-prospecting information. Results show that the ore body mainly occurs in the inner and outer contact of K-feldspar granite. There are extensive metallogenic alterations such as K-feldspathization, berestization, kaolinization, and propylitization. The geological, geophysical and geochemical ore-prospecting information of the deposit can provide an important reference for the next geological work.

Key words: Chagannuoer; geological characteristics; comprehensive ore-prospecting information

参考文献的要求

参考文献对论文来说是非常重要的。虽然不是参考文献越多越好,但是从文章所列出的参考文献来评价本文的水平,往往能给出比较准确的答案。

简单地讲,地质调查期刊论文最好能有下列4类参考文献:1)被调查地区的前人研究资料,了解该区研究现状,找到本次工作的创新目标;2)调查工作中现行的新技术、新方法和新理论,避免简单的重复工作;3)本研究领域(对于地质研究论文来说,主要是相邻地区即区域上)的成功经验和取得的成果,用于对比研究和成果的衔接,分析和研究整个领域(或区域上)的相关问题;4)国内外相似地区和典型地区的资料,用于对比分析,把握全球性的地质发展和演化规律。

目前,国外文章的参考文献一般很多,有的综述性文章上百篇不止。国内的较少,但最好不要低于10篇。上述的第一类参考文献可在前言和区域背景加入,免去许多赘述;第二类多用于正文中;第三类和第四类则一般出现在文章的讨论和结论部分。

本刊编辑部