

华北板块北缘首例大型高品位隐伏斑岩型 金矿床——内蒙古毕力赫金矿

葛良胜^{1,2} 卿 敏¹ 张文钊^{1,3} 袁士松¹
段希刚⁴ 马满福⁴ 庞继尧⁴ 唐民国¹

(1. 武警黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;
3. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 4. 内蒙古苏尼特金曦黄金矿业有限公司, 内蒙古 朱日和 011216)

摘要: 内蒙古毕力赫金矿床(II 号带)是全国危机矿山接替资源勘查获得重大突破的矿床之一,由武警黄金地质研究所勘查发现(2006—2008 年)。矿区位于华北板块北缘叠接俯冲带南部华北板块一侧的陆相火山岩盆地中。该矿床有如下主要特点:(1)矿体呈隐伏状态(距地表 1~40 m)产出于隐伏的燕山期花岗闪长斑岩体接触带内,并以内接触带为主;(2)矿体规模大(目前控制长 500 m,最宽处 300 m,最窄处约 40 m,最大厚度 128.17 m,最小厚度 10.53 m,平均厚度 52.85 m),品位高(平均 4.5×10^{-6} ,最高 52.76×10^{-6}),单个矿体资源量达 20 t 以上;(3)矿石为蚀变的花岗闪长斑岩和火山岩型,前者具有典型的单向固结结构(UST)。金属矿物以黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿等为主,但含量低(小于 1%),金主要赋存于蚀变形成的团块状或细脉状石英中;(4)围岩蚀变以钾化、硅化、绢云母化、高岭土化、青磐岩化等为主,具有富金斑岩型铜矿床的分带特征;(5)成矿温度明显分为两个区间,早期石英流体包裹体均一温度大于 550 °C,为含矿热液沸腾结果;中晚期温度变化在 108~375 °C,平均值为 194 °C。初步研究表明,该矿床应为独立的大型高品位斑岩型金矿床,在华北板块北缘地区为首次发现,具有典型性和代表性,对于区域相似地质环境内类似矿床的寻找和勘查具有重大示范意义。

关键词: 金矿床;大型;高品位;斑岩型;华北板块北缘;毕力赫;内蒙古

中图分类号: P618.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)05-1110-13

华北板块北缘是中国重要的贵金属成矿带。近几年来,随着中国危机矿山接替资源勘查项目的展开,该带地质勘查工作取得了显著进展。位于该成矿带的内蒙古毕力赫金矿床即是最近获得重大突破的矿床之一。矿区位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特右旗都仁乌力吉苏木境内,地理坐标为:东经 $113^{\circ}31'30'' \sim 113^{\circ}34'30''$,北纬 $42^{\circ}22'45'' \sim 42^{\circ}25'00''$ 。该金矿原为一资源量不足 3 t 的小矿,通过笔者等近年地质科研和勘查工作,找矿取得重大突破,在矿区外围新发现隐伏斑岩型高品位金矿体,单个矿体资源量达 20 t 以上^[1,2]。与国内外相似类型矿床相

比,具有诸多特殊性。在华北板块北缘中生代陆相火山岩盆地中是首次发现。目前,地质勘查和研究工作正在进行,本文是该矿床初步研究成果,旨在通过对矿床地质特征进行介绍,以启发区域地质找矿工作的开展。

1 区域地质概况

内蒙毕力赫金矿区域上位于华北板块北缘叠接俯冲带南部华北板块一侧的陆相火山岩盆地中(图 1)。根据区域地质调查及前人有关资料^[3-5],从区域大地构造演化和发展史看,中生代初期,华北板块北

收稿日期:2009-03-19;改回日期:2009-06-25

基金项目:全国危机矿山接替资源勘查项目(200715011)和第二批全国危机矿山典型矿床及成矿规律总结研究项目(20089925)资助。

作者简介:葛良胜,男,1966 年生,博士,高级工程师,现主要从事金矿床地质研究与勘查工作;E-mail: geliangsheng@yahoo.com.cn。

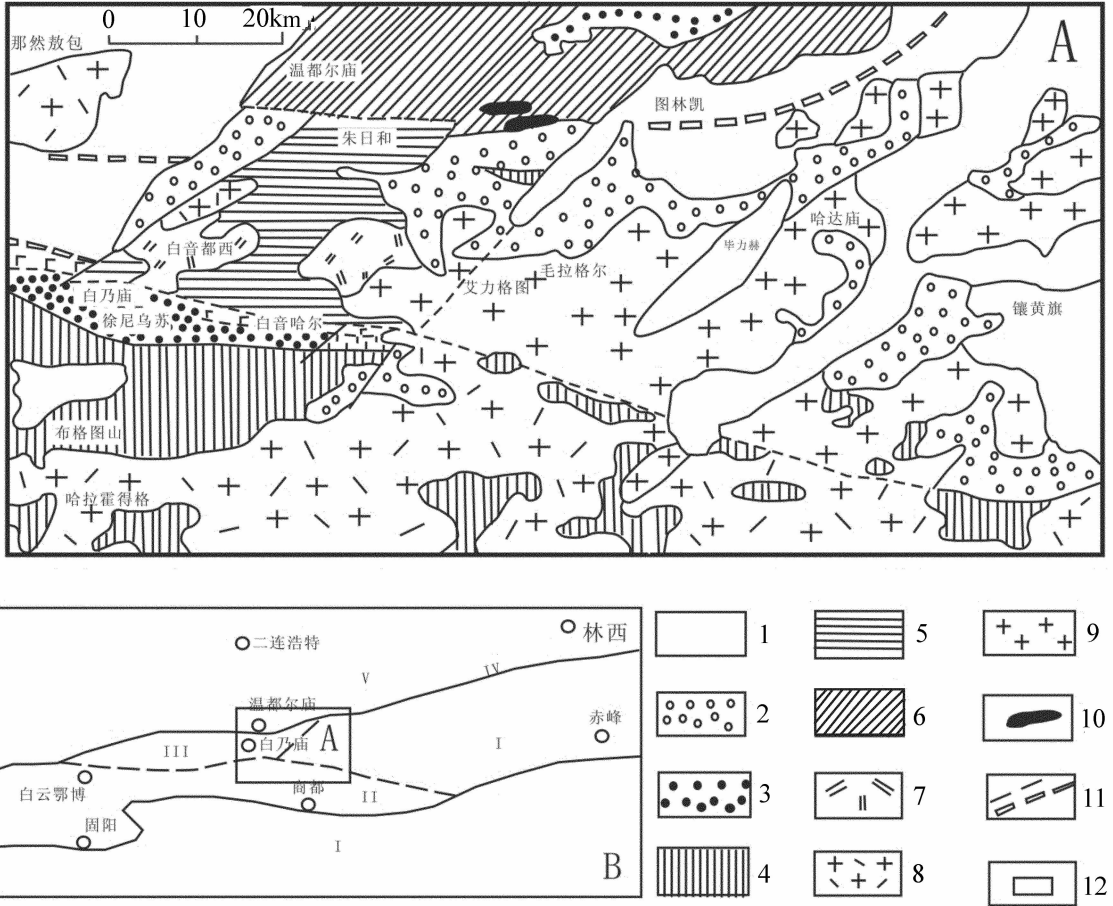


图 1 毕力赫矿区区域地质构造略图

1—中生界;2—石炭二叠系;3—中志留统徐尼乌苏组;4—中元古界白云鄂博群;5—中元古界白银都西群;
 6—中元古界温都尔庙群;7—新元古代石英闪长岩;8—海西期花岗岩类;9—燕山期花岗岩类;10—蛇绿岩体(基性-超基
 性岩体);11—推测或隐伏断裂;12—研究区位置。I—华北板块;II—中元古代大陆边缘裂谷;
 III—岛弧(早古生代增生带);IV—早古生代俯冲带;V—晚古生代增生带

Fig.1 Regional geological sketch map of the Bilihe gold deposit

1- Mesozoic-Cenozoic; 2-Carboniferous-Permian; 3-Middle Silurian Xuniwusu Formation; 4-Middle Proterozoic Bayan Obo Group; 5-Middle Proterozoic Baiyinduxi Group; 6- Middle Proterozoic Ondor Sum Group; 7-Upper Proterozoic quartz diorite; 8- Variscan granite; 9- Yanshanian granite; 10- Ophiolite (basic-ultrabasic body); 11-Measured or inferred faults; 12-Study area; I-North China plate; II- Middle Proterozoic epicontinental rift; III- Island arc; IV-Early Paleozoic subduction zone; V-Late Paleozoic accretion zone

缘向北增生碰撞后,本区进入造山后伸展阶段,并在滨太平洋板块向西北俯冲的综合影响下,于华北板块北缘形成了一系列受北东向断裂控制的隆起和坳陷,是区域构造岩浆活动的重要背景。区域出露地层主要有上古生界上石炭统阿木山组、下二叠统额里图组和于家北沟组沉积碎屑岩系,分布于西部白乃庙地区,赋存有著名的白乃庙铜金矿床。中生界上侏罗统玛尼图组(J_3m)、白音高老组(J_3b)为两套火山-沉积岩系,广泛出露于中东部,是矿区内主要地层和矿体的赋矿围岩。在一些河谷小盆地内,分布有新生界

古近—新近系、第四系松散堆积和风成沙。区域岩浆活动强烈,具多期次、多旋回活动特点。华力西期侵入岩规模较小,主要岩性为石英角闪辉长岩、辉绿岩、闪长斑岩等;印支期主要为黑云石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩,多受近东西向构造控制。燕山期主要有花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英闪长岩、黑云钾长花岗岩等,与区域成矿关系密切。此外,区内脉岩也较发育,种类繁多。主要有花岗岩脉、花岗细晶岩脉、霏细斑岩脉、闪长斑岩脉等。区域构造以断裂为主,褶皱次之。北部武艺台—德言旗庙断裂带

是区域早古生代缝合线的重要组成部分;规模大、发育时间长、深度大;南部川井—化德深断裂带,是华北板块北缘元古宙裂谷带北部边界断裂,也具有多期性质复杂的活动特征。中生代以后,受多种区域构造动力体制制约,构造线由古生代以近东西向为主转为北东向。古老的東西向构造和较晚的北东向构造及其交汇部位控制了区域金多金属成矿带和矿床集中区的展布。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区地层主要为侏罗系下统玛尼吐组、白音高老组火山岩系。玛尼吐组主要分布于东部和西南部,与下伏上二叠统额里图组砂岩不整合接触,顶部与白音高老组整合接触,岩性主要为安山岩、红色晶屑凝灰岩、含砾长石石英粗砂岩、灰白色晶屑岩屑凝灰岩和薄层状沉凝灰岩等,是矿体的主要赋矿地层之一。白音高老组呈北东向带状展布,岩性以中酸—酸性火山岩及火山碎屑岩为主,岩石主要为灰白色流纹岩、灰红色晶屑岩屑凝灰岩、灰白色熔结凝灰岩、青灰色流纹质凝灰岩和含砾凝灰质砂岩等(图2)。该组也是矿体的重要围岩。

2.2 构造

矿区断裂构造发育,以北西向为主,北东向次之。据 ETM 遥感地质解译,区内还发育有多组不同方向隐伏断裂和规模不等的环形构造。不同类型构造组合构成了矿区重要的控矿构造系统。

北西向断裂是区域构造的次级构造,走向 $295^{\circ}\sim 350^{\circ}$,倾向 NEE,倾角 $70^{\circ}\sim 86^{\circ}$,是矿区的主要控矿构造。破碎带长度大于 2000 m,带内岩石破碎,沿破碎带有花岗斑岩、石英闪长细晶岩等脉岩侵入。本组断裂具有长期活动特点,与成矿关系密切。矿区新发现并实现勘查突破的 II 号矿带主要受此组构造控制。

北东向构造规模相对较小,多为强烈挤压的片理化带,也具有长期多次活动特征。根据矿区北部 26 号脉露采部分观察,北东向构造成矿后活动较为明显,且对矿带(体)具有不同程度的破坏作用。

(近)东西构造大多具隐伏性质,地表少见露头。在 ETM 遥感数字图像上具有明显的影像特征,并表现出近等距平行分布规律,矿区内 I 号矿带和 26 号脉即处于近东西向构造和北西向构造的交汇部。

矿区环状构造极为发育,并与成矿关系密切。遥感图像解译表明,以矿区 I、II 号矿带为中心区,向外半径约 2 km 的区域是一个规模较大的环形构造体,其内部则发育多个小型环形体,分别控制了 I 号矿带、26 号脉、23 号脉等的产出。控制 I 号矿带的环状构造呈椭圆形,长轴方向 325° ,长 34 m,短轴长 20 m,形态较规则。环形裂隙内充填的次生石英岩(?)为富矿石;控制 26 号脉地表富矿包的环状构造规模略小,但放射状构造较发育,不同方向构造中充填有矿化石英细脉,部分金品位较高。研究表明,这些环形构造是小型火山机构的直接反映。

2.3 岩浆岩

矿区除形成玛尼吐组、白音高老组的火山岩浆活动外,侵入岩也很发育。矿区外围北部、东部和南部见有大规模红色花岗斑岩侵入。此外,在一些火山机构中有灰色霏细岩、细晶岩等贯入。通过钻孔揭露,在第四系和古近—新近系覆盖物下分布有以花岗闪长斑岩为主的次火山杂岩体和二长花岗岩体。花岗闪长斑岩是矿区 II 号带矿体最重要的容矿和赋矿岩系。

花岗闪长斑岩杂岩体主要呈隐伏状态分布于矿区中西部北西向河谷下部,地表呈负地形。钻孔揭露表明,杂岩体空间上呈北西向岩舌状分布,与其上覆侏罗系上统沉凝灰岩或凝灰质砂岩呈侵入接触关系。长超过 1000 m,宽度不等。0 线附近规模最大,形态复杂。向北西逐渐尖灭,侵位较高;向南东向深部延深,但产状和形态渐趋稳定,从 12 线开始向南东部倾伏,倾伏角为 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。岩石呈灰白—浅灰绿色,钾化强烈的部位呈粉红—深红色,斑状—似斑状结构,基质呈微细粒状镶嵌结构,块状构造。通过镜下鉴定,该杂岩体岩石类型比较复杂,包括花岗闪长斑岩、细晶闪长岩、石英闪长岩等组成。斑晶由半自形板状斜长石及少量黑云母假象和石英、不透明矿物构成。杂乱分布,大小为 $1\sim 4$ mm。基质由他形粒状—半自形板状斜长石和他形粒状石英构成。大小 $0.1\sim 0.6$ mm。成分和斑晶基本一致。

矿区内花岗闪长斑岩岩石化学全分析结果表明, SiO_2 变化在 $58.46\%\sim 68.20\%$,平均 62.85% , Al_2O_3 变化为 $11.55\%\sim 18.08\%$,碱质($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)含量较高($6\%\sim 7\%$),由浅部 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ 向深部变化为 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。矿化的岩石中 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 含量明显增高,而 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 等明显降低,反映在矿

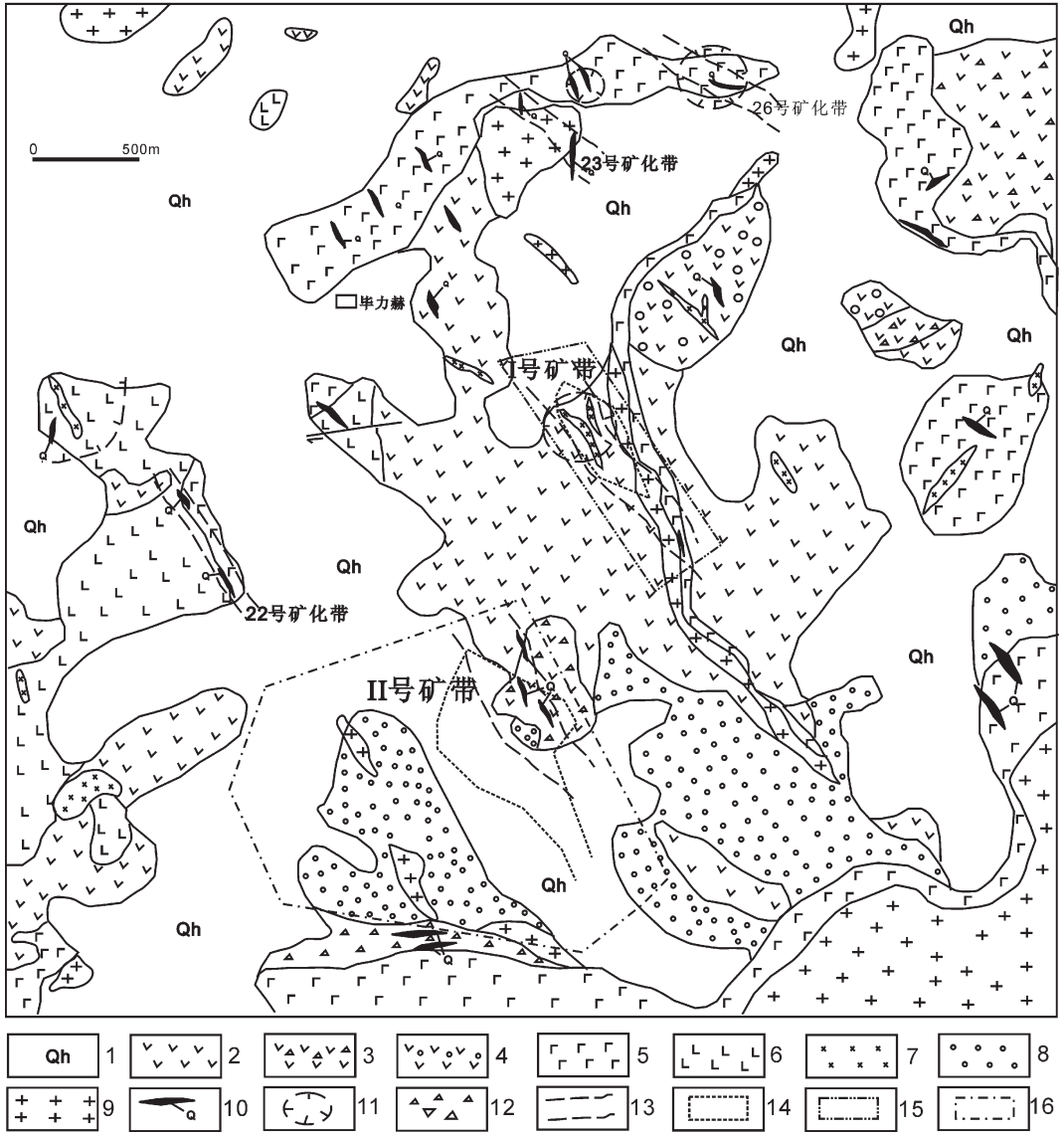


图 2 内蒙毕力赫矿区地质略图

1—第四系;2—玛尼吐组安山岩;3—玛尼吐组安山质角砾岩;4—玛尼吐组安山质砾熔岩;5—玛尼吐组玄武岩;
 6—白音高老组流纹(斑)岩;7—侏罗系砂岩;8—细晶岩;9—花岗斑岩;10—石英脉或硅质岩;11—环形构造体;
 12—构造角砾岩;13—矿化带地表范围;14—隐伏矿体在地表的投影范围;15—I号带勘查范围;16—II号带勘查范围

Fig.2 Geological map of the Bilihei gold deposit

1-Quaternary; 2-5: Manitu Formation (2-Andesite; 3-Andesitic breccia; 4- Andesitic tuff lava;5-Basalt); 6- Rhyolite (porphyry) of Baiyingaolao Formation; 7-Jurassic sandstone; 8- Spilitite;
 9- Granite porphyry;10- Siliceous rock or quartz vein;11- Circular structure;12- Structural breccia;13-Surface limits of mineralization zone; 14- Surface projection of concealed ore body; 15-Exploration limits of No I ore zone; 16- Exploration limits of No. II ore zone

化蚀变过程中,前者有大量加入,而后者主要表现为带出。岩石中 B、Bi、Cu、Sb、W、Mo、Sn 与 Au 呈正相关关系,表现为相对富集,在矿体部位富集更为明显。Ag、Hg、Rb、Sr 等元素偏向在矿体中上部富集。其他元素,如 Pb、Zn、Be、Co、Ni、Cr、Li、Mn、P、S、

Se、Te、Ti、V 等元素含量基本不受蚀变以及空间位置影响。岩石稀土配分曲线为轻稀土富集型,曲线向右倾斜,轻重稀土分馏明显。具较弱的铕异常(图 3,表 1)。不同岩石稀土配分曲线形态相似,反映出明显的同源演化特征。

表 1 毕力赫金矿区 II 矿带含矿岩体稀土元素分析结果(10^{-6})
 Table 1 REE composition and some parameters of different magmatic rocks in No. II
 ore zone of the Bilihei gold deposit(10^{-6})

样号	08B 002G	08B 003G	08B 014G	08B 017G	08B 021G	08B 032G	08B 030G	08B 036G	08B 044G	08B 054G
取样位置	ZK008 (48m)	ZK008 (63m)	ZK008 (82m)	ZK008 (89m)	ZK008 (108m)	ZK008 (164m)	ZK008 (192m)	ZK007 (38m)	ZK007 (102m)	ZK007 (210m)
岩性	细晶闪 长岩	石英闪 长岩	花岗闪 长玢岩	花岗闪长 玢岩	花岗闪 长玢岩	花岗闪 长玢岩	二长花 岗斑岩	细晶闪 长岩	细晶闪 长岩	细晶闪 长岩
Ce	37.7	44.8	65.7	60.5	60.7	81.2	94	68.1	47.3	47.9
Dy	2.72	2.98	4.6	4.23	4.61	6.26	5.74	4.22	3.33	3.77
Er	1.48	1.65	2.69	2.43	2.61	3.48	3.03	2.21	1.89	2.05
Eu	0.94	0.78	0.92	0.79	1	1.44	1.72	1.31	0.68	0.84
Gd	2.88	3.1	4.58	4.21	4.79	6.08	6.37	4.65	3.28	3.69
Ho	0.52	0.57	0.9	0.82	0.9	1.24	1.11	0.8	0.66	0.72
La	19.2	22.9	34.4	32.1	30.2	40.6	47.4	34.1	24.6	24.6
Lu	0.25	0.26	0.44	0.39	0.41	0.54	0.47	0.34	0.31	0.32
Nd	17.3	18.7	26.7	24.3	26.2	35.2	40.6	29.8	19.7	21
Pr	4.51	5.04	7.39	6.73	7.07	9.42	10.76	8.06	5.38	5.56
Sm	3.3	3.5	4.9	4.7	5.2	6.7	7.4	5.5	3.8	4.1
Tb	0.48	0.51	0.79	0.71	0.78	1.04	1.02	0.75	0.57	0.63
Tm	0.24	0.27	0.46	0.41	0.45	0.59	0.5	0.38	0.32	0.34
Y	13.7	15.2	25.5	23	23.9	33	28.9	20.4	17.6	18.5
Yb	1.71	1.81	3.04	2.83	3.01	3.99	3.36	2.52	2.21	2.29
Σ REE	106.92	122.11	183.06	168.1	171.81	252.39	230.73	183.13	131.65	136.34
LREE	82.94	95.76	140.06	129.08	130.35	201.89	174.52	146.86	101.49	104.03
HREE	10.28	11.15	17.5	16.03	17.55	21.6	23.22	15.87	12.57	13.81
LR/HR	8.07	8.59	8	8.05	7.43	9.35	7.52	9.25	8.07	7.53
Gd-Y	23.98	26.35	43	39.03	41.45	50.5	56.22	36.27	30.17	32.31
LR/Gd-Y	3.46	3.63	3.26	3.31	3.14	4	3.1	4.05	3.36	3.22
δ Eu	0.91	0.7	0.58	0.54	0.6	0.75	0.68	0.77	0.57	0.64
δ Ce	0.94	0.96	0.95	0.94	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.95
La/Sm	5.84	6.46	6.95	6.89	5.83	6.4	6.1	6.21	6.43	5.95
La/Yb	11.23	12.65	11.32	11.34	10.03	14.11	10.18	13.53	11.13	10.74
Ce/Yb	22.05	24.75	21.61	21.38	20.17	27.98	20.35	27.02	21.4	20.92
Eu/Sm	0.29	0.22	0.19	0.17	0.19	0.23	0.22	0.24	0.18	0.2
Sm/Nd	0.19	0.19	0.19	0.19	0.2	0.18	0.19	0.18	0.19	0.2
(La/Yb) _N	7.57	8.53	7.63	7.65	6.77	9.51	6.86	9.12	7.51	7.24
(Ce/Yb) _N	5.7	6.4	5.59	5.53	5.22	7.24	5.26	6.99	5.54	5.41
(Sm/Eu) _N	1.32	1.71	2.03	2.22	1.95	1.62	1.74	1.58	2.12	1.85

注:表中取样位置一栏括号内数字为孔深;由中国地质科学院地球物理地球化学研究所测试。

3 矿床地质特征

毕力赫金矿 I 号矿带(体)是 20 世纪 90 年代中期由内蒙古第四地质勘查院发现并进行勘查的小型矿点。在本次危机矿山接替资源勘查工作之前,矿山地质工作又相继在其北部和西部发现 26 号脉、23 号脉和 22 号脉等小规模脉脉(图 2)。除 I 号矿带经过详细勘查工作外,其他矿化目标体未做地质工作。2005 年,矿山基于严重的资源危机,邀请笔者等到矿山开展资源评价工作。通过系统地质填图、遥感地质解译、地球化学剖面测量等工作,在 I 号矿带南西侧,新圈定 II 号矿化蚀变带并进行了探矿工程设计。2006 年,在前期工作基础上,进一步申报了危机矿山接替资源勘查项目,经 2007—2008 年系统勘查,在 II 号带实现了找矿重大突破,发现了规模大、品位高的隐伏矿体^[1,2]。

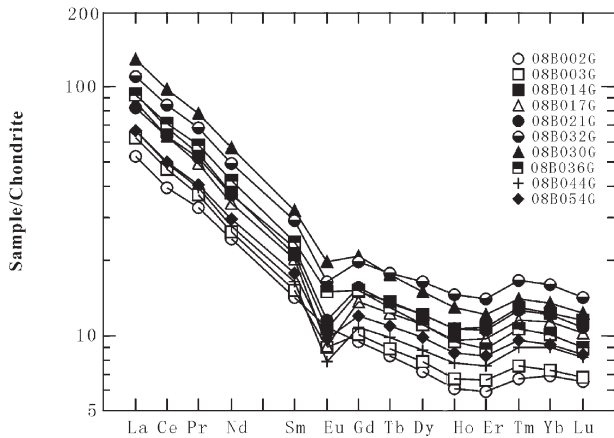


图 3 毕力赫金矿区 II 矿带不同类型岩浆岩稀土元素分布图

样品属性说明(样号-取样位置-岩性):08B002G-ZK008(48 m)-细晶闪长岩;08B003G-ZK008(63 m)-石英闪长岩;08B014G-ZK008(82 m)-花岗闪长玢岩;08B017G-ZK008(89 m)-花岗闪长玢岩;08B021G-ZK008(108 m)-花岗闪长玢岩;08B032G-ZK008(164 m)-花岗闪长玢岩;08B030G-ZK008(192 m)-二长花岗斑岩;08B036G-ZK007(38 m)-细晶闪长岩;08B044G-ZK007(102 m)-细晶闪长岩;08B054G-ZK007(210 m)-细晶闪长岩;

Fig. 3 Map showing REE distribution of different magmatic rocks in the Bilihei gold ore district

Sample explanation (number-location-name): 08B002G-ZK008(48m)-Diorite aplite; 08B003G-ZK008(63 m)-Quartz diorite; 08B014G-ZK008(82 m)-Granodiorite; 08B017G-ZK008(89m)-Granodiorite; 08B021G-ZK008(108 m)-Granodiorite; 08B032G-ZK008(164 m)-Granodiorite; 08B030G-ZK008(192 m)-Monzonite granite-porphry; 08B036G-ZK007(38 m)-Diorite aplite; 08B044G-ZK007(102 m)-Diorite aplite; 08B054G-ZK007(210 m)-Diorite aplite

3.1 I号矿带(体)地质特征

3.1.1 矿体地质

矿带位于矿区中部,总体北西走向,倾向北东,上盘与一花岗斑岩脉直接接触。富矿地段明显受北东和北西向构造交汇部位的一火山机构控制。控制矿化范围长 150 m,宽 100 m。成矿后活动的次火山岩墙(脉)和构造将其切割成多个部分,共圈定 21 个矿体,主要矿体为 I-I、I-II、I-III(图 4)和 I-V 号 4 个矿体,其中 V 号为隐伏矿体。提交金资源量 1.8 t,是矿山接替资源勘查工作开展之前主要开采的矿体,并于 2006 年底基本采空。矿体形态复杂,多呈透镜状、脉状或囊状,走向 NNW,一般倾向 NEE,倾角 45°左右,主要矿体往深部有向南东侧伏趋势。地表 I 号矿体规模较大,中部被一小型辉绿岩体侵入,其周边发育一圈受环形构造控制的强硅化环带,呈正地形,向深部迅速尖灭,并被 II 号和 V(为隐伏矿体)取代。矿体赋存于晚侏罗统玛尼图组火山-碎屑岩系中,主要含矿岩性有安山岩、安山质角砾岩、热液角砾岩以及蚀变玄武质岩等。

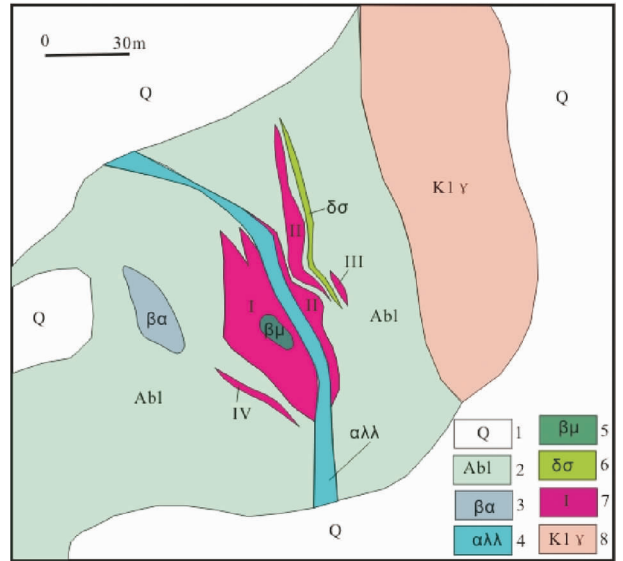


图 4 毕力赫金矿区 I 号矿带地质略图

1—第四系;2—玛尼吐组安山岩;3—玛尼吐组玄武岩;4—安山斑岩脉;5—辉绿岩;6—闪长斑岩;7—矿体及编号;8—花岗斑岩

Fig.4 Geological map of No. I ore zone in the Bilihei gold district

1-Quaternary; 2-3: Manitu Formation (2-Andesite; 3-Basalt); 4-Andesite porphyry; 5-Diabase; 6-Diorite porphyry; 7-Ore body and its serial number; 8-Granite porphyry

3.1.2 矿石特征

I号矿带内矿体的矿石自然类型包括氧化型(少量)和原生型,原生矿石属贫硫化物型。根据含矿岩性的不同,可以划分石英脉(次生石英岩)型和蚀变岩型两种类型,前者主要产于I、II号矿体浅部;后者主要见于深部,是主要矿石类型,占矿床总储量的90%以上。按含矿岩性差异又可分为蚀变安山岩型、安山质角砾岩型和角砾岩型三类。

矿石中金属矿物含量很低,一般在2%以下。主要金属矿物有黄铁矿、褐铁矿、磁铁矿、黄铜矿、孔雀石、铜蓝、自然铜、方铅矿、自然金等。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石、方解石等。黄铁矿为矿石主要金属矿物,地表氧化带多为褐铁矿交代。呈浸染状、细脉浸染状分布,偶见细脉,含量约1%。矿山采选结果表明,黄铁矿含量增高时,金品位反而降低,反映黄铁矿化与金矿化间关系不很密切。

根据镜下观察,金矿物主要为细粒自然金。其载体矿物主要为石英(87%),赋存状态以包裹金为主,次为裂隙金。

化学分析表明,本矿床主要有用组分为金,其含量变化较大,品位变化系数为83.33%~147.00%。金成色普遍较高,经II—1矿体15件样品27粒金矿物电子探针分析统计,其成色为948~1000,平均990,为高纯度自然金。

矿石结构主要有他形粒状结构、压碎结构、交代

结构和斑状结构等,并具特征的单向固结结构(UST)(图5)(所谓单向固结结构(Unidirectional solidification textures, UST)是指浅成侵位的岩浆出溶过程中形成的一种特殊结构,一般由梳状石英与细晶(斑岩)岩交互生长而成,少数产于斑岩与围岩接触部位^[6,7]);矿石构造包括浸染状构造、细脉状构造、网脉状构造、团块状构造和角砾状构造等。

3.1.3 围岩蚀变

矿床围岩蚀变包括广泛发育于火山岩中的面型蚀变和沿构造破碎带发育的线型蚀变两种。面型区域性热液蚀变主要有钾长石化、绿帘石化、黄铁矿化、硅化(次生石英岩化)、绢云母和泥化等。钾长石化和硅化主要见于矿体及其附近的围岩中,绿帘石化则广泛见于矿区中酸性火山岩系中,但发育不均匀。绢云母化和泥化不均匀分布在蚀变火山岩中。黄铁矿化在矿体及围岩中均较常见,一般呈结晶完好的细—中粒浸染状,局部呈细脉状。线型蚀变多沿构造破碎带发育,主要有硅化、方解石化、钾长石化、绢云母化、黄铁矿化、电气石化、绿泥石化、绿帘石化等,一般见于围岩中。

蚀变围绕火山机构的中心部位呈环型分带,在矿体的中上部表现较为明显。从(矿体/火山机构)中心向外依次为钾长石化+硅化、硅化(次生石英岩化)+黄铁矿化+绢云母化、泥化+碳酸盐化;在垂向上,近地表部位表现为硅化(次生石英岩化)+泥化,

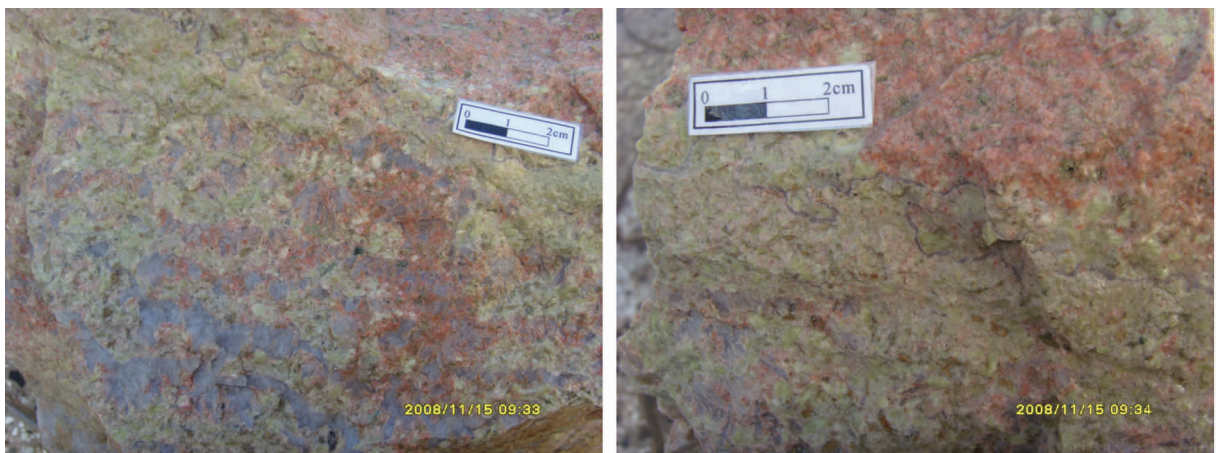


图5 毕力赫金矿床I号矿带含矿斑岩中单向固结结构

Fig.5 Unidirectional solidification textures of ore-bearing porphyry in No. I ore zone of the Bilihei gold deposit

并相伴有褐铁矿化和碳酸盐化等,在中部,钾化程度增高,同时具有绢云母化、绿泥石化、绿帘石化现象,向深部钾化更强,但硅化减弱。

3.1.4 成矿阶段

根据矿石的组分、矿物共生组合,矿化细脉相互穿插关系,可划分为石英-钾长石、石英-硫化物、次生石英岩、石英-碳酸盐等 4 个阶段。

3.2 II 号矿带地质特征

3.2.1 矿带及矿体地质

毕力赫矿区 II 号矿带位于 I 号矿带南西侧约 800 m 处(图 2),主体沿矿区中西部干涸河矿床展布,东部山坡上有少许矿化蚀变露头。总体呈北西向延伸,根据工程控制及推断,其总长近 1000 m。带内一侧(北东侧)的破碎裂隙中充填有多条硅化脉体(次生石英岩),近平行分布,脉体一般长 50~100 m,宽 1~3 m。蚀变带内岩石普遍具有矿化蚀变现象,岩屑地球化学剖面测量异常明显,一般金含量为 1.2×10^{-9} ~ 230×10^{-9} ,异常最高值达 0.62×10^{-6} 。是矿带确定的主

要依据。地表探槽揭露发现局部具有较高的金矿化显示。

至 2008 年 10 月,共在 II 号带内圈定大矿体 1 个(II-1),除东侧局部露于地表沟边外,基本处于隐伏状态。以 40 m×40 m 工程间距已控制并提交经内蒙古储量委员会审核通过的(122b+333)资源/储量 21.916 t,其中 122b 级储量达 21.013 t。至本文成文时为止,其南延未完全控制,目前勘查工作仍在进行当中。

矿体产出于隐伏花岗闪长斑岩体内外接触带,北部以外接触带为主,向南逐渐转向以内接触带为主,并最终定位于岩体内部。平面上总体呈北西方向展布,北西端宽大,埋深较浅(0~40 m),向南东逐渐变窄,并以 60°倾角逐渐向深部倾伏,埋深达 97 m。目前控制长 500 m,北东向最宽处约 300 m(0 线),最窄处约 40 m,最大厚度 128.17 m,最小厚度 10.53 m,平均厚度 52.85 m。勘探线剖面上形态变化较大,于 0 线最厚,呈一勺状(图 6)。平均品位 4.5×10^{-6} ,品

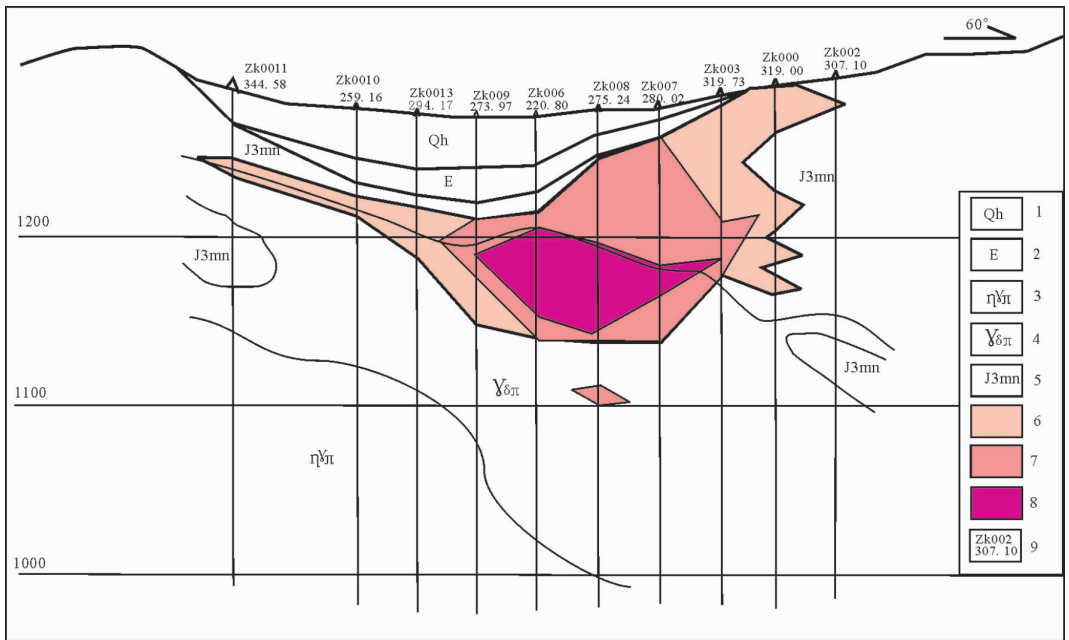


图 6 毕力赫金矿区 II 号矿带 0 勘探线剖面图(钻孔间距 40 m)

1—第四系;2—古近系;3—二长花岗岩;4—花岗闪长斑岩;5—玛尼吐组火山-碎屑岩;6—以 0.5×10^{-6} 圈定的矿体形状;7—以 3×10^{-6} 圈定的矿体形状;8—以 10×10^{-6} 圈定的矿体形状;9—钻孔编号及深度

Fig. 6 Geological section along No. 0 exploration line in No. II ore zone of the Bilihei gold deposit

1-Quaternary; 2-Paleogene; 3-Monzonitic granite; 4-Granodioritic porphyry; 5-Pyroclastic rock; 6-Ore body delineated by 0.5×10^{-6} ; 7-Ore body delineated by 3×10^{-6} ; 8-Ore body delineated by 10×10^{-6} ; 9-Serial number and depth of drill hole

体变化系数 61%,厚度变化系数 74%。矿体品位呈有规律的变化,中心高,单样最高品位 52.76×10^{-6} ,上下及边部逐渐变贫,中部可以圈出一个东西长 160 m,南北宽 80 m,平均厚 25.91 m,平均品位 15.51×10^{-6} 的富矿体(图 6)。

3.2.2 矿石特征

矿石工业类型为蚀变岩型,均为原生矿石。根据容矿岩石蚀变花岗闪长斑岩型和蚀变火山碎屑岩型两个亚类。

矿石中金属矿物总量多小于 2%,属贫硫化物型,与 I 号带相似。主要为黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、褐铁矿、自然金,微量矿物有磁黄铁矿、赤铁矿、斑铜矿、辉铜矿、蓝辉铜矿、自然铜、方铅矿、闪锌矿和毒砂等,种类明显比 I 号带多。此外,据少数钻孔深部(200 m 以下)观察,花岗闪长斑岩体内含有少量星点浸染状分布的辉钼矿。非金属矿物主要为石英、钾长石,其次为绢云母、黑云母、白云母、绿泥石、绿帘石、黝帘石、碳酸盐矿物等。

金矿物主要为自然金。多呈边界圆滑的浑圆状,部分金矿物边界不平整,呈尖角粒状和枝叉状。有两种主要赋存状态,一是产于蚀变岩石中,星散浸染状分布,与蚀变矿物石英、黄铁矿(褐铁矿)、黄铜矿和钾长石共生,该类金矿物粒度相对较粗,以中细粒为主,但比例小于 20%。另一种产于硅化的石英中,占 80%以上,一般粒度较细,以细微粒为主。

矿石多元素和组合分析结果显示,II 号带矿石主要有用组分为金,含量变化比较均匀,其他如银、铜、钼等含量均很低,不具综合利用价值。

矿石结构主要有半自形—他形粒状结构、交代结构、斑状结构、压碎结构等;矿石构造有致密块状构造、浸染状构造、细脉状构造、网脉—团块状构造和角砾状构造等。

3.2.3 围岩蚀变

II 号矿体的围岩蚀变也很发育,主要为面型蚀变,蚀变类型包括钾化、硅化、黄铁矿化、绿帘石化、绢云母化、泥化和碳酸盐化等。

钾化主要见于花岗闪长斑岩体内部。在钻孔控制的范围内,由深到浅,钾化有增强趋势,至矿体边缘最强,钾化强烈的岩石呈深红色,钾长石颗粒增大,镜下可见明显的次生长边和环带。硅化非常发育,几乎见于整个矿化带。主要呈团块状、脉状、细网脉状石英分布于岩体内部及其围岩中。蚀变强烈的

部分,已见不到基质。由岩体经接触带到围岩,硅化逐渐变弱,并由团块状变为以细网脉状为主,火山岩地层中硅化强烈时,可见有明显的石英次生加大现象。构造裂隙发育的地段,硅化增强,并呈带状展布。浅绿色中级泥化主要叠加在钾化和硅化带上,矿物组合包括绢云母、伊利石、绿泥石、方解石和蒙脱石。绢云母化以石英—绢云母—黄铁矿组合为特征。绢云母化蚀变晕围绕钾—硅酸盐蚀变带发育,并且叠加在钾—硅化带上。高级泥化发育于该类型矿床的顶部,以高岭土化为主,在火山岩中普遍发育。

黄铁矿化广泛见于花岗闪长斑岩及其围岩中,主要呈自形晶细粒浸染状分布,局部也可见有黄铁矿细脉。含量较低。此外,在矿带外围,广泛见有绿帘石化和电气石化,并构成矿床的外带晕,前者主要矿物组合是绿泥石、绿帘石和碳酸盐。方解石化在浅部或构造破碎带中更常见。后者则呈浸染状或呈脉状沿矿石脆性构造裂隙充填。

上述矿化蚀变显示出以岩体(接触带)中心,显示明显富金斑岩型铜矿床分带特征。从矿体中心向外依次表现为:钾化+硅化、硅化+绢云母化、高岭土化+碳酸盐化。

3.2.4 成矿阶段

根据矿石组分、矿物共生组合,矿脉穿插关系,初步将该矿床的形成过程划分为 3 个成矿阶段:①石英—黄铁矿阶段,②石英—多金属硫化物阶段;③石英—碳酸盐阶段。金矿化主要生成于石英—多金属硫化物阶段。石英—硫化物阶段以大量石英、电气石、钾长石及少量磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿生成为特征;石英—碳酸盐阶段以石英与方解石伴生为特征。

3.2.5 矿床成因的初步研究

毕力赫金矿 II 号矿带矿体产于钙碱性中酸性花岗闪长斑岩岩体中,矿体严格受岩体内外接触带控制。主体呈北北西向展布。容矿岩石主要为花岗闪长斑岩及其接触带附近火山碎屑岩。南东部深部逐渐向岩体内部过渡,并受岩体中北西走向、北东倾的一组裂隙密集带控制。区域地质调查资料显示,花岗闪长斑岩体应是中生代岩浆活动的产物。

流体包裹体均一温度明显分为两个区间,一个是富气液相包裹体和纯气相包裹体,均一温度大于 550°C ,为早期含矿热液沸腾结果;另一部分为气—液包裹体,温度变化在 $108\sim 375^{\circ}\text{C}$ (图 7 左),以小于 200°C 居多,平均值为 194°C 。出现 3 个众值区间,即

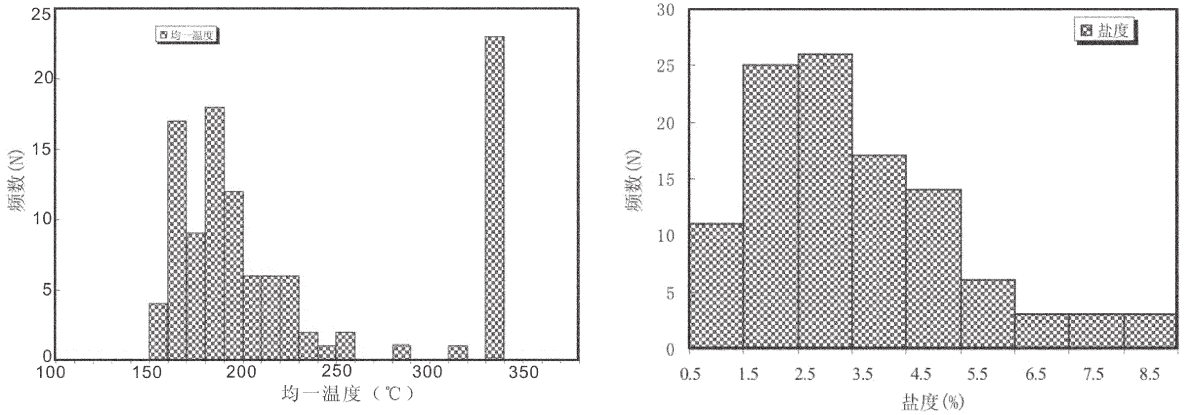


图 7 毕力赫金矿区 II 号矿带矿石包裹体均一温度和盐度直方图

Fig. 7 Histogram of homogenization temperature and salinity of fluid inclusions from No. II ore zone in the Bilihei gold deposit

表 2 毕力赫金矿床 I 号带与国外同类金矿床特征对比

Table 2 Comparison between No. I ore zone in the Bilihei gold deposit and the same type gold deposits abroad

	内蒙毕力赫 I 号矿带	国外浅成低温热液型金矿床
构造背景	板块边缘活动化带, 中生代拗陷和隆起的过渡带 (陆相火山岩盆地)	岛弧或活动陆缘
控矿系统	火山机构, 环形裂隙控矿	构造复杂的火山环境, 通常在破火山口中
主岩	中酸性火山岩或次火山岩, 以中性为主, 钙碱性	酸性到中性的火山岩 (钙碱性)
矿化特点	近地表为受环状裂隙控制的强烈硅化次生石英岩, 向深部过渡为蚀变的火山岩矿石, 浸染状矿化为主。矿体规模小, 且变化较大	以开放孔隙与孔洞充填为特征, 通常为陡壁脉, 层状充填物常见有多期角砾岩化, 近地表处有网脉状或浸染状矿化。矿 (床) 体规模大, 品位一般较高且相对稳定
特征结构	他形粒状结构、压碎结构、交代结构和斑状结构等; 浸染状构造、细脉状构造、网脉状构造、团块状构造和角砾状构造等	壳层条带, 细梳状结构, 胶体条带, 带状石英-玉髓, 晶簇晶洞, 脉状角砾岩
矿物学	黄铁矿、褐铁矿、磁铁矿、黄铜矿、孔雀石、铜蓝、自然铜、方铅矿、自然金, 硫化物含量很低	辉银矿、黝铜矿、砷黝铜矿、自然银和金, 贱金属硫化物; 绿泥石普遍, 具有硒矿物和含锰脉石; 未见辉铋矿
金成色	很高, 948~1000, 平均 990	一般 700~900
成矿时代	中生代?	围岩与矿石的年龄差在 1Ma, 两者均为新生代
蚀变	钾化、硅化、绢云母化、碳酸盐化	绢云母化-泥化, 浅成明矾石化, 偶见高岭石化, 大量冰长石化
共生元素	无其他可利用共生元素	富银, 贱金属矿物不稳定, Ag-Au-Hg-Sb-Tl (-Pb-Zn-Cu) 是常见组合
温度	100~300°C	200~300°C
盐度	小于 10%	0~13%
规模	规模小	一般规模很大

注: 据本文及文献[8-11]总结。

330~340°C、170~200°C 和 150~170°C, 与 3 个成矿阶段相吻合。含矿热液盐度值比较低, 变化在 (0.88~8.68)wtNaCl%, 算术平均值 3.57%, 众值多集中在 1.5%~4.5%(图 7 右)。

4 结论与讨论

4.1 矿区 I、II 号矿带矿化特征对比

从上述讨论可以看出, 毕力赫金矿区 I、II 号矿

带矿化特征既具有相似的一面, 如成矿背景一致; 矿石中金属硫化物含量较低; 具有相同或相似的结构构造; 金矿化与硅化关系致为密切, 而与黄铁矿化等关系不甚密切; 矿石中金矿物特征、矿物组合等总体相似, II 号带更为复杂一些; 矿床的围岩蚀变类型总体相似; 以及除主矿化元素金外, 其他含量均很低, 不具综合利用价值等。但又具有明显差异, 主要表现在:

(1) I号矿带主体受北西向构造、北向东构造交汇部控制的次火山机构控制,成矿深度浅,矿体部分甚至大部分已被剥露。而 II号矿带则受北西向构造及其控制的花岗岩闪长斑岩体控制,矿体主要定位于岩体的内外接触带。成矿深度相对较大,基本未受破坏,形状完整。

(2) I号矿带中矿体个数多,规模小,形状复杂,品位变化大,矿石类型主要为蚀变的火山颈相的安山质角砾岩或熔岩岩石,地表还见一定量的次生石英岩型矿石,应属于斑岩成矿系统浅部的矿化产物;而 II号矿带中矿体规模大,变化稳定,形态简单,品位高且规律明显,矿石类型主要包括蚀变的花岗闪长斑岩和蚀变的火山-碎屑岩。

(3) I号矿带表现为面型和线性蚀变兼具的特点,由于叠加矿化作用影响,深部分带不明显,而 II号带

则主要为面型蚀变,具有较明显的矿化蚀变分带。

(4) I号矿带地表呈正地形,反映其地表部分硅化强烈,致密坚硬,抗风化能力强,经氧化后呈明显的紫红色调,具有较宏观的线环形控矿构造组合,找矿标志明显;II号矿带地表则呈负地形,并为第四系,特别是风成沙所覆盖,无明显找矿标志。

4.2 毕力赫矿区金矿化与浅成低温热液型和斑岩型矿床特征对比

毕力赫金矿由于过去仅发现 I号矿带,矿床规模小,几乎未开展过专门的地质科学研究,前人对其成因也仅是通过类比,认为属于浅成低温热液型金矿。Bonham(1984)^[8]和 Heald(1987)^[9]曾对国外火山和次火山岩区浅成低温热液型金矿床特征作过总结。表 2 是毕力赫金矿床 I号带与国外该类型金矿床特征的对比,不难发现,二者除成矿环境、成矿物理化

表 3 毕力赫金矿床 II号带与国内外斑岩型金矿床特征对比
Table 3 Comparison of the No 2 mineralization zone in Bilihei gold mine and porphyry Au deposit

	内蒙毕力赫 II号带	国内斑岩型金矿床	国外斑岩型金矿床
构造背景	板块边缘活动化带,中生代拗陷和隆起的过渡带(陆相火山岩盆地)	大陆活动化或大陆边缘,板内活动带	主要为岛弧,其次为活动陆缘
控矿系统	构造交汇部位,岩体内外接触带	构造交汇部位,中浅成侵入岩体	主要为脆性,早期为半韧性的 A 网脉,与岩浆侵入体有关
主岩	钙碱性花岗闪长斑岩	二长花岗斑岩或花岗闪长斑岩为主,少数为正长斑岩,钙碱性为主,多伴有角砾岩筒	以闪长斑岩类为主,二长-正长斑岩次之,极少为安粗斑岩或英安斑岩。岩体侵入 1~4 km,并具多相特征,晚期可伴有角砾岩
矿化特点	隐伏矿体,斑岩体的内外接触带,浸染状矿化为主。矿体规模大,品位较高,变化规律明显	独立矿床品位变化大,多数规模较小;伴生矿床品位一般较低。规模也不大。	以斑岩体内或内接触带为主。经共伴生为主,矿(床)体规模大,品位一般较低(大于 0.4)且相对稳定
特征结构	他形粒状结构、压碎结构、交代结构和斑状结构等;浸染状构造、细脉状构造、网脉状构造、团块状构造等	块状构造,脉状、细网脉状或浸染状结构	陡倾网状脉体或破碎带分布于成矿岩体附近,时间和空间上呈现 A(不连续不规则的细脉或网脉)、B(板状细脉)和 D(贯入脉)脉体的递进变化
矿物学	硫化物含量很低,主要为黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿。	黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿(斑铜矿、磁铁矿)等较发育	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿(辉钼矿、磁黄铁矿)等,硫化物含量一般较高
金成色	很高(一般大于 900)	较高(800~900)	一般 700~900
成矿时代	中生代?	以中生代为主,少数为古生代(新疆,内蒙)和新生代(西藏,云南)	大多数在喜马拉雅期,少数在印支-燕山期
蚀变	钾化,硅化,绢云母化,碳酸盐化,具较明显的分带特征	钾化,硅化,绢云母化,碳酸盐化,叠加成矿作用发育,部分蚀变分带明显	因成矿岩体侵位的不同,围岩蚀变在时间和空间上有所不同。中心和早期为钾硅酸盐化,外围和中晚期为泥化,绢云母化和高级泥化分布于侵入体边缘、断裂带或岩帽附近。
共伴生元素	无其他可利用共伴生元素	Au 或 Au-Cu-Mo 组合最为常见,也有 Au, Ag, Pb, Zn, Fe 等组合	中心为铜-金(钼-银),外围为铅-锌(钡-锰),钼通常在大陆矿床的核心部位和岛弧矿床的外围。
温度	100~300℃,早期可达 550℃	190~390℃,成矿主要发生在中晚期(185~275℃)	早期可达 400~600℃,晚期 200~400℃
盐度	0.88%~8.68%	5.9%~6.91%	早期为 30%~60%的岩浆水,晚期盐度低(小于 15%)
规模	规模较大	规模中等,大小均有	一般规模很大

注:据本文及文献[8-11]总结。

学条件等表现出相似性外,其具体矿化型式各具特点,在矿床规模方面更是差异较大。从毕力赫金矿区 I 号带各矿体的相互关系看,其原先应为一个完整的矿体,被后期次火山岩体(脉)的侵入而发生肢解。反映矿化发生于早期火山活动之后,次火山岩脉侵入之前,矿化时间较为短暂,可能是由于次火山岩脉侵入,成矿通道被堵塞,深部含矿热液的供应发生中断,造成了矿化规模有限,规模不大的结果。基于浅成低温热液型矿床和斑岩型矿床的组合关系,曾考虑其深部会出现斑岩型矿化,但深部勘查表明,现有矿体在可勘查的范围均已尖灭,其下部也未见上规模的斑岩型矿化,表明这两种矿化并非在空间中连续过渡的。表 3 是毕力赫金矿区 II 号矿带成矿特征与国内外斑岩型矿床的对比表。对比表明,毕力赫金矿区 II 号矿带与国内斑岩型矿床具有更多的相似性。与国外矿床差异较大。如赋矿的岩体为钙碱性花岗闪长斑岩,硫化物含量极低,矿物种类较少,矿化元素组合单调,金品位高等。但其总体成矿地质背景和成矿物理化条件是相似的,具有典型的流体从斑岩体中出溶形成的单向固结构造(UST)。总体上看,应属于典型的独立斑岩型金矿床。大规模的斑岩型矿化与低强度的浅成低温热液型矿化同处一区的事实可能表明,由于特定的成矿因素限制,致使其中一种类型矿化强度有限时,另一种类型形成大规模矿化的可能性相应增大。

尽管还有不少矿床学家对斑岩型和浅成低温热液型(不如称火山-次火山岩型)矿床间的关系存在这样或那样的疑问^[9],但众多浅成低温热液金矿床深部发现大量斑岩型矿床,或者在斑岩型矿床附近发现大量浅成低温热液型矿床的事实^[10,11],表明这两种矿床在火山-次火山岩区相伴产出的密切关系是不容置疑的,内蒙古毕力赫金矿床的地质勘查实践为此提供了另一个生动和典型的实例。虽然有关矿化体的成矿时代研究正在进行,但它们应属同一期火山岩浆活动的产物。应该注意到,毕力赫矿区的两种类型矿化并不是通常所见的上部为浅成低温热液型,而下部为斑岩型的典型组合关系。这一点与国外许多斑岩型或火山岩型矿床成矿系统十分相似,有助于正确理解浅成低温热液或斑岩系统矿化的时空关系,从而为相似环境中的地质勘查工作提供启示。此外,虽然可能存在着两种类型矿化同时存在于一个矿区,并同时形成大型矿床的事实,但对于同处一

个矿区的两种类型矿化而言,此消彼长的现象也是应考虑的方向。

致谢:感谢李廷栋院士、侯增谦教授和杨志明博士等的热情鼓励和帮助。

参考文献(References):

- [1] 葛良胜,卿敏,袁士松,等.危机矿山接替资源勘查的理论、技术与思路——以内蒙古毕力赫金矿勘查突破为例[J].矿物学报,2007,27(增):503-505
Ge Liangsheng, Qing Ming, Yuan Shisong, et al. Theory, technique and thinking of supersedable resource prospecting of crisis mine: take the Bilihei gold mine for example[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2007, 27(supp.):503-505(in Chinese with English abstract).
- [2] 葛良胜,卿敏,侯增谦,等.内蒙古毕力赫大型金矿勘查突破过程及启示意义[J].矿床地质,2009,28(4):390-402.
Ge Liangsheng, Qing Ming, Hou Zunqian, et al., The prospecting process of Bilihei Large-size gold deposit in Inner Mongolia and its revelatory significance[J]. Mineral Deposits, 2009, 28(4):390-402(in Chinese with English abstract).
- [3] 武铁山.华北晚前寒武纪(中、新元古代)岩石地层单位及多重划分对比[J].中国地质,2002,29(2):147-154.
Wu Tieshan. Late Precambrian (Mid-Late Proterozoic) lithostratigraphic units in North China and their multiple division and correlation [J]. Geology in China, 2002, 29 (2):147-154 (in Chinese with English abstract).
- [4] 胡玲,宋鸿林.“内蒙地轴”南缘断裂带的活动时代及结构分析[J].中国地质,2002,29(4):369-373.
Hu Ling, Song Honglin. Ages of activities of the southern “inner Mongolian axis” marginal fault belt and an analysis of its structure[J]. Geology in China, 2002, 29(4):369-373 (in Chinese with English abstract).
- [5] 鲍庆中,张长捷,吴之理,等.内蒙古东南部晚古生代裂谷区花岗质岩石锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].中国地质,2007,34(5):790-798.
Bao Qingzhong, Zhang Changjie, Wu Zhili, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granitoids in a Late Paleozoic rift area, southeastern Inner Mongolia, and its implications[J]. Geology in China, 2007, 34 (5):790-798(in Chinese with English abstract).
- [6] Shannon J R, Walker B M, Carten R B, et al. Unidirectional solidification textures and their significance in determining relative ages of intrusions at the Henderson Mine, Colorado [J]. Geology, 1982, 10(6):293-297.
- [7] Jacob B. Lowenstern, W. David Sinclair. Exsolved magmatic fluid and its role in the formation of comb-layered quartz at the Cretaceous Logtung W-Mo deposit, Yukon Territory, Canada[C]//The Geological Society of America, Special Paper 315: The Third

- Hutton Symposium on the Origin of Granites and Related Rocks , 1996:291-303
- [8] Bonham H F. Three major types epithermal precious—metal deposits: Gel., Soc., America abstracts with programs, 1984, 16:499.
- [9] Heald P, Foley N K, Hayba D O. Comparative anatomy of volcanic -hosted epithermal deposits; Acid—sulfide and adularia—sericite types[J]. Econ. Geol., 1987, 82:1-26.
- [10] 李兆群, 等. 中国火山岩地区金矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- Li Zhaonai, et al. Gold Deposits from the Volcanic Rocks Area in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004(in Chinese).
- [11] 姜福芝, 王玉往. 火山活动与金矿床[J]. 中国地质, 2003, 30(1): 84-92.
- Jiang Fuzhi, Wang Yuwang. Volcanism and gold deposits [J]. Geology in China, 2003, 30 (1):84-92 (in Chinese with English abstract).

The Bilihei gold deposit in Inner Mongolia: the first large-sized high-grade concealed porphyry Au deposit discovered on the northern margin of North China plate

GE Liang-sheng^{1,2}, QING Min¹, ZHANG Wen-zhao^{1,3}, YUAN Shi-song¹,
DUAN Xi-gang⁴, MA Man-fu⁴, PANG Ji-yao⁴, TANG Ming-guo¹

(1. Gold Geological Institute of CAPF, Langfang 065000, Hebei, China; 2. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Sonid Gold Mining Co. Ltd., Sonid 011216, Inner Mongolia, China)

Abstracts: The Bilihei gold deposit (No. II ore zone) in Inner Mongolia, found by Gold Geological Institute of CAPF in 2006-2008, is one of the fatal breakthrough deposits supported by the Project of Supersedable Resource Prospecting of Critical Mines in China. It is located in the Mesozoic (Jurassic) continental facies volcanic basin on the northern margin of North China plate. The main characteristics of the deposit are as follows: (1) the concealed ore body occurs in the contact zone (mainly in the inner-contact zone) between granodiorite porphyry and volcanic rocks; (2) a large ore body 500m long, 300m wide and averagely 52.85m thick was identified, which contains 21916 kg Au at the average grade of 4.5×10^{-6} (the highest grade being 54.76×10^{-6}); (3) ores can be classified into altered granodiorite porphyry type and andesite porphyrite type, with the former type having typical unidirectional solidification texture (UST). There are only small amounts (<1%) of metallic minerals, such as pyrite, chalcopyrite and molybdenite, in the ore; gold mainly occurs in lumpy or veinlet quartz formed during alteration; (4) just like gold-rich porphyry copper deposits, the alteration shows obvious ring-shaped zoning; the concentric alteration zones from the inner part outwards and from early to late stages are successively the K-silicate zone, the quartz-sericite zone, and the propylitic zone; the structure-controlled argillic alteration locally occurs as patches, superimposed by other alteration zones; (5) the early ore-forming stage has very high temperature (>550°C), and the temperature of the middle-late stage is 108~375°C, 194°C on average. It is concluded that this deposit is a large-sized and high-grade independent and concealed porphyry Au deposit and is the first deposit of this kind discovered on the northern margin of North China plate.

Key words: gold deposit; large size; high-grade; porphyry type; northern margin of North China plate; Bilihei, Inner Mongolia

About the first author: GE Liang-sheng, male, born in 1966, doctor and senior engineer, engages in the study of gold deposit geology and exploration; E-mail: geliangsheng@yahoo.com.cn.