

专家论坛

蒙古 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿的勘查

刘益康, 徐叶兵

(中国冶金地质勘查工程总局, 北京 100028)

[摘 要] Oyu Tolgoi 斑岩型铜金矿床达世界级规模, 正在大规模勘探中。矿床位于蒙古南戈壁沙漠中, 离中蒙边界 80 km。矿床由西南部、南部、中部和远北部 4 个矿化区组成。文章介绍了该矿床的勘查历史、地质概况和 4 个矿化区的主要特征, 并指出勘查该矿的方法可供在戈壁地区寻找隐伏半隐伏斑岩铜矿借鉴。

[关键词] 斑岩铜金矿 勘查历史 中亚成矿带 蒙古 Oyu Tolgoi

[中图分类号] P618.41; P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2003)01-0001-04

斑岩铜矿是世界铜矿床的主要类型, 常以矿床规模大, 埋藏浅, 品位较低但矿化分布均匀, 矿石成分简单、易选及可供综合利用的矿产多为特征^[1]。从全球范围来看, 斑岩铜矿床常发育次生富集带, 形成品位富的矿石, 是开采的主要对象^[2]。近两年来, 加拿大 Ivanhoe Mines 公司在蒙古 Turquoise Hill (Oyu Tolgoi) 斑岩铜金矿勘查所取得的重要进展, 引起矿产勘查界的高度关注。该矿床离中蒙边界仅 80 km, 正在进一步勘探中, 是目前亚洲最大的勘探营地。笔者最近考察了该矿勘查现场, 现将该矿床介绍如下。

1 勘查历史

Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿勘查区中心位置位于东经 106°51', 北纬 43°附近, 在蒙古乌兰巴托近正南方向, 中蒙边界北约 80 km 处。Oyu Tolgoi 项目确定了 4 个主要矿化区, 即西南部区、南部区、中部区和远北部区, 总计约 6 km², 其中西南部区被作为首选勘查区, 已施工的钻孔最多。截止到 2002 年 9 月 18 日, Ivanhoe Mines 公司在 Oyu Tolgoi 项目区已施工 275 个钻孔。已施工的钻孔结果表明, Oyu Tolgoi 为一特大型斑岩铜金矿床。

Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿床是由蒙古高级地质学家 Garamjav 首先发现的。澳大利亚 BHP 公司亚洲勘探部 Sergei Diakov 领导的一个踏勘组于 1996 年检查了该地区, 1997 年 BHP 公司取得了勘查权, 并且在该区开展了地质填图、水系和土壤沉积物测量、磁法和激发极化测量等工作。在这些工作的基础

上, BHP 公司打了 23 个钻孔, 钻孔分布较零散, 累计进尺 3000 多米, 孔深最大的为 270 m, 见到了矿化。其中有两个孔结果较好, 一个见矿长度 26 m, 平均 Cu 品位 0.86%, 另一个见矿长度 38 m, 平均 Cu 品位 1.63%。

由于 BHP 公司战略调整的原因, 2000 年 5 月, BHP 公司将包括 Oyu Tolgoi 项目工作区在内的 238 km² 的勘查权区转让给了 Ivanhoe Mines 公司。2000 年 6 月, Ivanhoe Mines 公司开始开展反循环钻进, 至 9 月底, 完成了 109 个孔, 总计 8828 m。反循环钻进最初的目标是验证 BHP 公司已施工钻孔揭露的次生富集辉铜矿矿层。但通过大量的反循环钻进, 却有意外的发现, 许多孔的底部已打到了可工业利用的深部铜金矿化体。

2001 年, Ivanhoe Mines 公司开始施工金刚石岩心钻探, 以查明项目区深部矿化潜力。位于 Oyu Tolgoi 项目西南部区最东北部的 OTD150 孔 - Ivanhoe Mines 公司的发现孔, 揭示了 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿深部矿化的情况。OTD150 孔孔深 590 m, 从 70 至 578 m, 揭穿了 508 m 的矿体, 金平均品位 1.17×10^{-6} , 铜平均品位 0.81%, 其中从 188 m 至 466 m, 总计 278 m 为富矿段, 金平均品位 1.60×10^{-6} , 铜平均品位 1.02%, 从而启动了 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿大规模勘探的序幕。

2 地质概况

南戈壁地区邻近蒙古南部和南戈壁构造区的交

[收稿日期] 2002-11-26; [修订日期] 2002-12-05; [责任编辑] 曲丽莉。

[第一作者简介] 刘益康 (1942 年 -), 男, 1968 年毕业于中国地质大学研究生班, 教授级高工, 现主要从事金属矿产地质勘探工作。

界部位。该区下伏古生代火山岩、沉积岩和侵入岩以及中生代沉积盖层。在古生代时,蒙古南部经历了岛弧增生和安底斯型俯冲,火山弧和大陆地块的生成与此相关。在晚古生代,盆地和山脉抬升,伴随着双模式火山作用。临近中生代时,陆块进一步抬升,构造带遭受剥蚀,并伴随陆源沉积物进入前陆盆地沉积。在晚白垩世末期,该地区持续干燥,与现在的中亚盆地类似。

在 Oyu Tolgoi 矿权区,以志留纪、泥盆纪的层状安山质和玄武质流纹岩为主,并有细至粗粒陆源火山碎屑沉积夹层。侵入岩主要为长石斑岩、长石角闪石斑岩和石英长石斑岩株和岩脉(图 1)。该地区还发现了正长花岗岩及流纹岩和安山岩的复合岩脉。

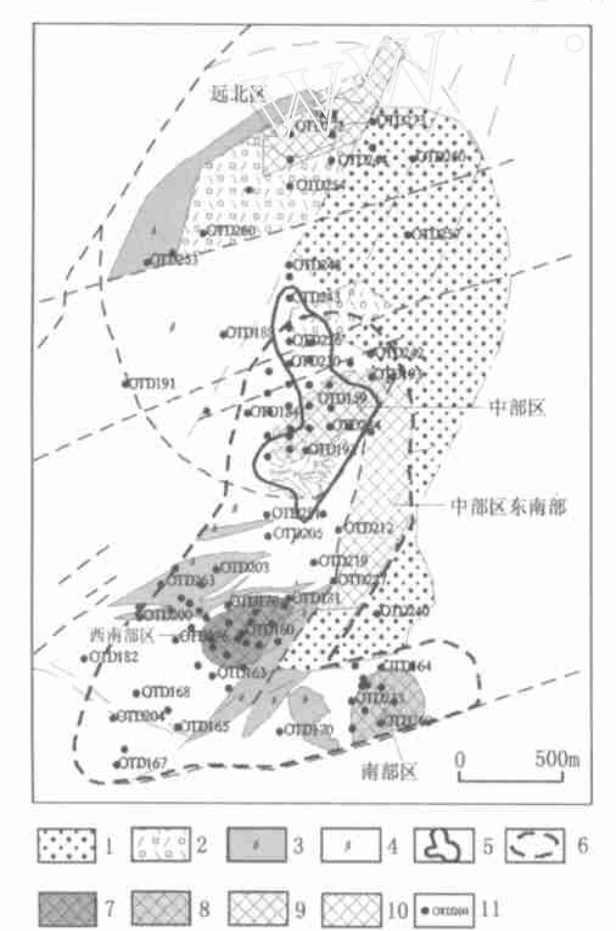


图 1 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿地质与矿化略图

(据 Ivanhoe Mines 公司提供的图修编)

1—砂岩,粉砂岩;2—火山灰流凝灰岩和未分异火山碎屑岩;3—石英二长闪长岩;4—玄武质火山岩;5—辉铜矿席状层;6—铜品位为0.3 %确定的铜金斑岩系统;7—黄铜矿—金矿化斑岩体;8—黄铜矿、斑铜矿化(含金低)斑岩体;9—含铜硫化物发育:铜蓝(少量硫砷铜矿、斑铜矿、辉铜矿);10—含铜硫化物发育:黄铜矿、斑铜矿、硫砷铜矿、少量铜蓝、辉铜矿;11—钻孔位置及编号

3 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿床主要特征

3.1 Oyu Tolgoi 西南部区主要特征

矿体呈筒状,含高品位铜金矿化,近地表直径约 250 m,垂深超过 700 m。中心部位分布小规模(几米至十几米)石英二长闪长岩岩脉,走向大致为 NE70°。高品位区(金品位 $> 1 \times 10^{-6}$)主要产于块状、斑状含辉石玄武岩中。强烈硅化($> 20\%$ 的量)和黑云母蚀变发育,确定了斑岩系统中心。向外缺失绢云母化带,代之的是弱绿帘石化,铜品位在 0.3 %左右。斑岩系统含硫低($< 5\%$),铜、金矿化主要与黄铜矿发育有关,含少量斑铜矿($< 20\%$)。以存在中温热液磁铁矿和石膏—硬石膏为特征。

西南部区富含黑云母钾硅酸盐蚀变岩(取自 BHP 公司施工的 OT-9 孔岩心)中的黑云母的年龄值为 $(411 \pm 3) \text{ Ma}$ (K-Ar 法)^[4],这一年龄值指示西南部区钾硅酸盐蚀变和铜矿化发生在晚志留世—早泥盆世。

截止 2002 年 1 月 21 日,Ivanhoe Mines 公司在西南部区已施工 24 个岩心钻孔。钻孔结果指示随深度增加,金铜比值增大,矿体金和铜品位变富,高品位的金铜矿体规模变大。

西南部区部分岩心钻探结果见表 1。

表 1 西南部区部分岩心钻探结果表

孔号	见矿位置 m	见矿长 度/m	Au 平均品 位/ 10^{-6}	Cu 平均品 位/%	备 注
OTD180	60 ~ 862	802	0.92	0.56	
	618 ~ 826	208	2.37	1.05	富矿段
	706 ~ 826	120	3.44	1.28	富矿段
OTD183	104 ~ 666	562	1.44	0.82	
	154 ~ 490	336	1.93	1.04	富矿段
OTD172	332 ~ 400	68	1.02	0.65	
	400 ~ 516	116	2.35	0.88	
	400 ~ 516	116	2.35	0.88	
OTD166	60 ~ 538	478	1.38	0.74	
	172 ~ 538	366	1.69	0.86	
	172 ~ 280	108	2.59	0.99	
OTD160	46 ~ 334	288	1.68	0.8	
OTD161	56 ~ 416	358	1.70	0.71	
OTD162	110 ~ 240	130	2.25	0.85	

Ivanhoe Mines 公司于 2002 年 3 月发布了由加拿大 AMEC E & C Services 有限公司所作的关于西南部区的初步资源评价报告。评价结果主要为:西南部区经评估的推测资源量(相当于用 Cu 边界品位 0.3 %)总计为:矿石量 58 800 万 t,平均品位 Au 0.53×10^{-6} 、Cu 0.41 %,金属量金 311 t,铜 240 万 t;

用较高的相当于 Cu 边界品位为 0.4%,则推测资源量为:矿石量 45 800 万 t,平均品位 Au 0.62×10^{-6} 、Cu 0.46%,金属量金 283.01 t,铜 208.84 万 t。

3.2 Oyu Tolgoi 南部区主要特征

南部区地表存在氧化带,范围为 1100 m × 400 m,最深延伸 60 m。

在氧化带之下的原生铜矿化是斑岩型黄铜矿和斑铜矿,但与 Oyu Tolgoi 西南部不一样,含金低。铜矿化发育于玄武质火山岩中。玄武质火山岩中发育绢云母化石英二长闪长岩脉。与西南部相比,矿化区内相同类型的石英脉、黑云母蚀变、热液成因磁铁矿少,而存在后期的绿泥石—绢云母化大范围分布。含硫化物低(<5%)。

目前正在进一步勘探,大致估计,南部区矿石量 3000 万 t,铜品位 0.7%。

3.3 Oyu Tolgoi 中部区主要特征

存在前进式泥质蚀变(advanced argillic alteration)带,以石英、明矾石、迪开石、叶蜡石、绢云母和氯黄晶及少量萤石等的不同组合为特征^[4]。分布范围为 600 m × 230 m,最厚处达 325 m,主岩为石英二长闪长岩。前进式泥质蚀变带蚀变矿物组合与我国福建上杭县紫金铜金矿床十分相似^[3]。

前进式泥质蚀变带覆盖在早期的铜金斑岩系统上。矿化主要为铜蓝,还含少量斑铜矿、硫砷铜矿和原生辉铜矿。在中部区的东部,铜蓝带内原生辉铜矿含量明显增加,并且局部以辉铜矿为主。晚期石英二长闪长岩岩脉大范围稀疏分布于铜蓝带,并发育黄铜矿、金矿化。

目前估计铜蓝带资源量为:矿石量 2500 万 t,铜品位 0.7%。

在中部区的铜蓝带之上发育一次生富集席状辉铜矿层,范围大概为 1000 m × 300 m,分布在近地表至地表以下近 100 m 处,平均 20~35 m 厚,最厚处达 40 m。

取自中部区的两个次生明矾石样品的 K-Ar 年龄值为(117 ± 1) Ma 和(93 ± 1) Ma。这两个年龄值可以代表黄铁矿和铜硫化物次生氧化和席状次生辉铜矿层的形成时间,指示次生富集作用发生在早白垩世—晚白垩世早期^[4]。

在席状辉铜矿层之上覆盖了大约 40~60 m 厚的无矿粘土层(发育有褐铁矿),席状辉铜矿层底部转变为发育铜蓝。最高品位的辉铜矿与较高品位的铜蓝明显相关,后者与石英二长闪长岩中的强斑岩型石英脉相关。

目前估计次生富集席状辉铜矿层的资源量为:

矿石量 3800 万 t,Cu 平均品位 0.75%。

中部区深部被认为是斑岩型矿,分布在前进式泥质蚀变—铜蓝带边部和下部。与 Oyu Tolgoi 西南部特征相似。铜金矿化几乎均发育于中等泥质蚀变(intermediate argillic alteration)或绿泥石化蚀变玄武质火山岩,而不是石英二长闪长岩中。斑岩型石英脉从黑云母化岩石(为中等泥质蚀变或绿泥石化叠加)向上延伸至前进式泥质蚀变+铜蓝带。存在大量的晚期至后期含石英二长闪长岩岩脉。

中部区深部储量正在进一步探求之中,目前估计储量为 1000 万 t~1500 万 t 矿石量,Cu 品位 0.8%,金品位 0.5×10^{-6} 。

中部区东南部主要特征:前进式泥质蚀变带沿北东 30° 方向分布,1000 m × 300 m 范围,分布在沉积岩石约 200 m 以下,厚度目前还不清楚。沉积岩石挟带了含铜金斑岩系统遭受侵蚀形成的蚀变和矿化碎屑,形成的盖层为稍稍年轻的含硫化物高的系统。前进式泥质蚀变带原岩可能为火山灰流凝灰岩和其它多孔状火山碎屑岩,矿化主要为黄铜矿化,其次为硫砷铜矿、斑铜矿和辉铜矿,并且特别富含硫化物(黄铁矿),含量>10%。常规分析未分析砷含量,但由于存在一定的硫砷铜矿,砷含量似乎会高。未发现明显的金矿化。由于钻孔数量不够,还不能指出潜在资源量。

3.4 Oyu Tolgoi 远北区主要特征

由高梯度排列极化率指示,沿 NE70° 方向延伸,范围为 600 m × 200 m。在地表以下 100~200 m 的火山灰流凝灰岩中发育前进式泥质蚀变,并且可能带有部分层控性质。在火山灰流凝灰岩之上覆盖有粉砂岩,很有可能与中部区东南部揭穿的沉积火山序列相同。

在前进式泥质蚀变带和中等泥质蚀变组合中矿化发育,主要为黄铜矿和斑铜矿,其次为硫砷铜矿、铜蓝和辉铜矿。

矿区硫化物(黄铁矿)特别发育,包括沿层状火山灰流凝灰岩发育的块状硫化物。含硫砷铜矿也说明含砷比较高。

表 2 OTD270 孔结果表

孔号	见矿位置 m	见矿长度 m	Au 平均 品位/ 10^{-6}	Cu 平均 品位/%	备 注
OTD270	222~860	638	0.07	1.61	
	222~556	334	0.04	1.31	
	576~690	114	0.23	3.58	
	510~690	180	0.16	2.84	
	690~860	170	0.04	1.06	

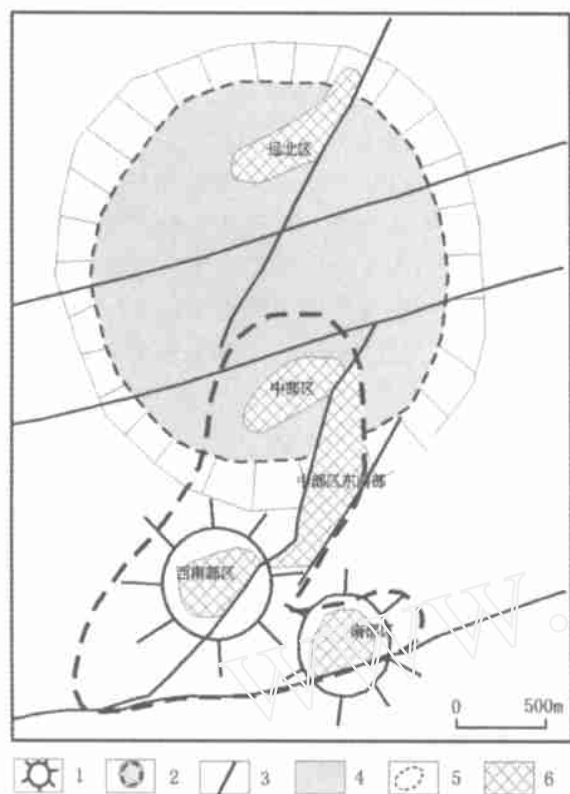


图 2 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿地质解释图
(据 Ivanhoe Mines 公司)

1—侵蚀铜金斑岩中心;2—火山构造(晚于西南部区);3—主要断裂;4—火山口内火山灰流凝灰岩;5—铜品位为 0.3 %确定的铜金斑岩系统;6—矿(化)体

在验证激发极化异常时,有一批钻孔,见矿厚度大,见矿品位高,例如 OTD270 号孔,结果见表 2。矿化发育于凝灰岩和玄武质火山岩中。Oyu Tolgoi 远北区已成为 Oyu Tolgoi 矿最有远景的矿区。

Ivanhoe Mines 公司为我们提供了在目前勘探和研究程度下,关于 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿形成的地质解释图(图 2)。

4 结 论

Oyu Tolgoi 特大型斑岩铜金矿的发现,进一步证实了中亚成矿带的巨大找矿潜力。勘查 Oyu Tolgoi 的方法,可供在戈壁地区寻找隐伏半隐伏斑岩铜矿借鉴。蒙古的斑岩铜矿,包括已开发的额尔登特斑岩铜钼矿,将是供应我国铜精矿的重要来源。

[参考文献]

- [1] 袁见齐,朱上庆,翟裕生. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [2] 黄崇珂,白 冶,朱裕生,等. 中国铜矿床[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [3] 芮宗瑶,黄崇珂,齐国明,等. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京:地质出版社,1984.
- [4] Jose Perello, Dennis Cox, Dondog Garamjav, et al. Oyu Tolgoi, Mongolia: Siluro - Devonian Porphyry Cu - Au - (Mo) and High - Sulfidation Cu Mineralization with a Cretaceous Chalcocite Blanket[J]. Economic Geology, 2001, 96, 1407 ~ 1428.

THE PROSPECTING AND MAIN FEATURES OF OYU TOLGOI PORPHYRY Cu - Au DEPOSIT IN MONGOLIA

LIU Yi - kang, XU Ye - bing

(China Metallurgy Exploration and Engineering Bureau, Beijing 100028)

Abstract : The Oyu Tolgoi porphyry Cu - Au deposit is located in the Gobi Desert of Southern Mongolia, and just 80 km to the boundary between China and Mongolia. It is a world - class deposit and just under detailed exploration drilling. The deposit consists of four main mineralizing zones, e. g. Southwest, South, Central and Far North Oyu zones. This paper introduced the exploration history, geological background and main features of the deposit. It is suggested that the prospecting methods applying in the deposit can be used for reference in seeking concealed and half - concealed porphyry Cu deposit in the Gobi or desert.

Key words : porphyry Cu - Au deposit, exploration history, central Asia metallogenic belt, Mongolia, Oyu Tolgoi