秘鲁胡斯塔铜矿的发现

陈玉明
(首钢地质勘查院,北京 100041)

[摘 要]秘鲁胡斯塔铜矿位于秘鲁西南部,属于环太平洋多金属成矿带的组成部分,是刚发现的一个大型铜矿床,正在进行勘探。文章介绍了该矿的发现历史,并对主要找矿方法和效果进行了述评,总结了找矿的经验和教训。

[关键词]铜矿 勘查历史 找矿发现 秘鲁 胡斯塔
[中图分类号]P618.41 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2007)03-0056-04

0 概 况

2005年在秘鲁胡斯塔发现一个大型铜矿,2006年2月公布的资源量为259.9万t(铜金属),成为近年世界上一个重大的找矿发现。笔者从1997年开始在该区进行前期的风险勘查工作,参与了该矿的普查勘探全过程,现将有关情况作简要回顾,以供借鉴。

1992年首钢收购秘鲁马尔科纳铁矿时,拥有了包括马尔科纳铁矿和胡斯塔铜矿在内的670km^{2}的矿权区。该矿权区位于秘鲁西南部的太平洋东海岸,在大地构造位置上位于安第斯造山带中北段的西翼,属于环太平洋多金属成矿带的组成部分。矿区北距利马520km,地理坐标为西经74°55′~75°18′,南纬15°08′~15°26′,行政上隶属伊卡省纳斯卡县管辖。整个矿区平均海拔标高为800m左右,地势平缓,地形起伏不大,地表约80%的面积被0.5~3.0m厚的滨海沙砾石和风成沙土所覆盖,属于滨海干旱荒漠地带。

1 早期工作

该区早在20世纪初就已经发现了铁矿,1953年美国人成立了马尔科纳矿业公司,开始开采铁矿,并对铁矿伴生铜的选矿回收做过初步试验,但对位于铁矿床东北的胡斯塔铜矿没有做地质工作。

在20世纪70年代中期的秘鲁国有化运动中,马尔科纳铁矿被秘鲁政府强行收归国有。由于该区的铜矿已经出露地表,在地表就可以见到绿色的铜的氧化物。此后,该区的铜矿被逐步认识,并开始民采,但没有进行任何的地质工作。到1992年首钢收购该矿时,该区的民采铜矿已经达到一定的规模,形成了大小不等的几十个采坑,主要是开采地表高品位的氧化铜矿石,并卖到附近的选厂,当时的最大开采深度75m。

1993—1994年,首钢秘鲁铁矿公司对胡斯塔铜矿进行了简单的地表地质工作,对已有的采坑和部分矿体进行采样和素描,填制了矿区1:5000地质草图,编写了地质工作总结。以当时的最大采坑深度75m为控制深度,对矿区内的4个矿群、22个矿体分别进行了储量估算,求得铜探明储量98 264t,可能储量11 462t,预测储量39 876t,潜在储量26 576t,合计176 178t。

1993—1996年,首钢下属的AGNAF公司进行了小规模的铜矿开采,开采的对象是高品位的氧化矿,采坑最深达107m,当时叫"小矿工铜矿"。

1993年和1995年,首钢地质勘查院两次对该区的铜资源进行考察,填制了胡斯塔地区1:5000地质草图12km^2,并施工了少量的探槽,采集了部分样品,编写了《首钢秘鲁胡斯塔铜矿地质考察报告》。

1997年首钢地质勘查院在首钢秘铁670km^{2}的矿权区内选择了地表铜矿化最好的胡斯塔地区开展铜矿普查,进行1:1万原生晕地球化学测量和1:2000地质填图2.75km^2,这是该区最早的系统地质工作,野外工作持续了整一年。由于该区地表大部分

[收稿日期]2006-05-22;[修订日期]2006-07-11;[责任编辑]曲丽莉。
[第一作者简介]陈玉明(1963年—),男,1988年毕业于原长春地质学院,获硕士学位,教授级高工,现主要从事固体矿产的风险勘查和勘探工作。

被第四纪风成沙所覆盖,只能靠人工和挖掘机挖浅坑和探槽进行揭露。该区的地层和矿脉走向均呈北东向,故勘探线按北西—南东向(NW315°)布置,勘探线间距100m,地质点和原生晕化探采样点间距20m。共完成槽探5004.45m^3,浅坑1120个,剖面测量33km/22条,基本分析651件(分析全铜和可溶氧化铜),化探采样1496件(分析Cu、Pb、Zn、Co、Mo、Ag、As、Sb、Bi和Hg)。通过地质填图,将该区划分成两个矿化区,8个矿(化)脉带,圈出了96个铜矿体和61个铜矿化体。对区内的铜矿化地质特征进行了初步研究,探讨了它们与区内地层、构造、岩浆岩以及铁矿体的关系。在以WV-1h矿化体为中心,WⅢ、WⅣ和WⅥ矿脉带和矿体呈半环状分布,且产状相向倾斜,推测WV-1h矿化体的深部可能存在一个含矿热液的活动中心或有隐伏含矿岩体存在。当时推测的成矿模式为:由于隐伏岩体的侵入带来了大量的含矿热液,并使上部岩层产生了环状裂隙,使聚集于岩体上部的含矿热液沿着这些裂隙向上运移至浅部,并富集形成环状分布的脉状矿体和较普遍的铜矿化。推测在深部的一定部位可能存在有厚大的原生铜矿体。

原生晕地球化学测量共圈出26个铜异常,所有已知矿体均有异常显示。尤其是在地质研究预测的热液活动中心圈出了13、7、8号铜异常。WV矿化体与13号铜异常中部相对应,WⅢ和WⅣ矿脉带分别与7号和8号铜异常相对应,WⅢ矿脉带是该区已经开采的最主要对象,内有22条矿脉,其中WⅢ1-5矿脉延长147m,开采深度103m。同时,在该矿脉的两侧并排分布有5条矿脉,形成较大规模的矿化带。这3个异常在空间上呈环状展布,并与已知的主要矿脉带相对应,在异常综合排序表上13、7、8号铜异常分别列前3位,表明该处具有重要的找矿意义,有可能存在一个大的隐伏矿体。

最终提交了《首钢秘鲁铁矿胡斯塔铜矿1:2000地质填图小结及下一步工作意见》和《首钢秘铁胡斯塔铜矿区1:2000岩石地球化学测量小结》。由于地质和化探工作均预测该区下部有厚大矿体存在,当时预测的资源量为100万t(铜),并根据化探异常布设了6个钻孔,后来由于费用没有落实而没有施工。

1999年首钢地质勘查院对胡斯塔铜矿进行了1:1万磁大地电流方法(EH-4电导率成像系统)测量20km^2,编制了60多幅异常图。从异常图的分布规律分析,在胡斯塔矿区深部确实存在一个低阻地质体。这与前期的地质和化探结果是一致的,同时通过电阻率异常进一步论证了深部构造断裂的规模。

2 风险勘查

2000年12月14日,首钢秘铁公司与力拓矿业和勘探有限责任公司(Rio Tinto)秘鲁分公司(以下简称力拓公司)签署了《马尔科纳财产之选择权协议》,双方合作进行胡斯塔铜矿的风险勘查。

2.1 测网的布设

以NW315°—SE135°方向以100m间距布设勘探线,勘探线长900~2200m,利用GPS进行测量。

2.2 地质填图

以现有的矿坑和首钢地质勘查院施工的探坑和探槽为基础,以首钢秘鲁铁矿原有的1:5000地质图为底图,进行了1:2500的地质填图(图1)。在铜矿区内,主要地层是早侏罗世塞里托斯地层。该地层主要由镁铁质火山岩组成,并伴有少量的砂岩、石英岩和石灰岩夹层。磁铁矿体切割了地层,而其又被更晚的安山斑岩岩脉(ocoite)切割。安山斑岩岩脉是形成于白垩纪的Tunga安山岩在该区的延伸。该岩脉切割了该区的铁矿和铜矿,岩脉的岩性与塞里托斯地层中的气孔状-杏仁状安山岩相似。推测安山斑岩岩脉与塞里托斯地层的火山建造是同一活动的产物,安山斑岩岩脉是在火山活动晚期形成的。

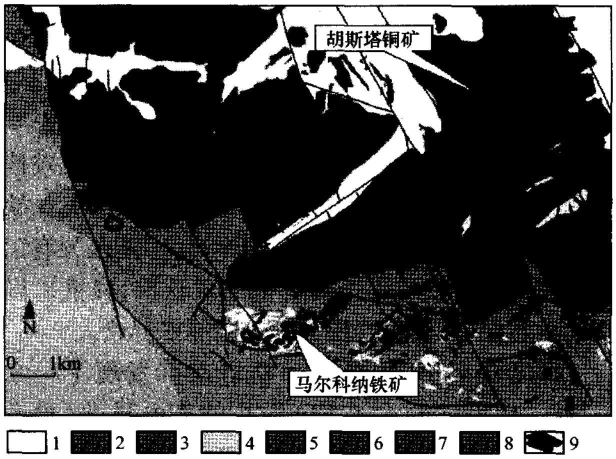

图1　秘鲁胡斯塔铜矿区域地质图

1—第四系;2—铁矿体;3—安山斑岩;4—英安岩;5—花岗闪长岩;6—塞里托斯地层;7—马尔科纳地层;8—洛马斯地层;9—铜矿区

铜矿化出现在成矿前的所有地层中,地层的走向与马尔科纳铁矿主矿体的走向一致。与其他岩性相比,安山质砂岩内的铜矿较多。

2.3 土壤地球化学测量

以 200m 的线距和 100m 的点距采集土壤样品，采样位置在 Caliche 层之下，每个样品重 200～250g。用火试金法分析 Au，ICP 方法分析 Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Co、Ni、Cd、Bi、As、Sb、Fe、Mn、Ba、Cr、V、W、Al、Mg、Ca、Na、K、Sr、Ti、Zr、P、S、Hg、B、Be、La、Sc、Tl、U 等 34 种元素。通过土壤地球化学测量，在该区圈出了几个铜的强异常，其中 MA01、MA02、MA04、MA05 都是为验证土壤地球化学异常和 IP 异常设计的。经过钻探验证的 MA01、MA02 为中心的两条矿化带都有明显的高铜异常，尤其是两个高铜异常在胡斯塔的南边没有封闭，与 IP 的异常相吻合，说明在南边有找铜的远景。根据土壤铜异常，并结合 IP 测量结果确定的 MA64 孔，在覆盖岩层 168.3m 之下找到视厚度为 130 多米的原生铜矿。

2.4 地面磁法测量

使用两台 GEM 磁力仪进行地面磁法测量，其中一台放置在相对的磁安静区，做为基准，另一台用作测量。线距 100m，点距 10m。圈出了一些磁异常，最高达到 1000nT，对比研究表明，磁异常反映的是铁矿体和伴生有铜的铁矿体，仅在局部地区的磁异常与铜矿化有关系，主要铜矿化带的磁异常并不明显。

2.5 激发极化测量

激发极化(IP)是以地下岩石、矿石在人工电场作用下发生的物理和电化学效应(激发极化效应)的差异为基础的一种电法勘探方法，与其他电法相比的优点是：不仅可以发现致密状金属矿体，还能寻找其他电法难以发现的浸染状矿体；受地形的影响也较其他电法小，当起伏地形下有矿体存在时，仅使异常的强度和形态发生变化，但异常不会消失。缺点是：野外工作复杂，效率低，成本高，不能区分有工业意义的矿异常与无工业价值的黄铁矿、磁铁矿以及碳质岩层、石墨化岩层等引起的非矿异常。

梯度排列 IP 测量在胡斯塔南部发现了一个 1.2km×0.5km 的大于 12mV/V 的充电异常(最大为 19.5mV/V)，该异常与 NE 走向的磁异常和低电阻率带相一致。MA01、MA04、MA06 钻均布在该异常内，而且该异常在胡斯塔的南侧没有封闭，而是加宽并分叉进入了铁矿区。

在 MA02 钻孔所在的矿化带没有 IP 异常，原因是该矿化带是以氧化矿为主，IP 对氧化矿没有明显的反映。

电阻率异常的形态和位置与充电异常一致，只是异常的面积更大。

2.6 重力测量

网度为 100m×100m 和 100m×200m。该区的布格重力有西高东低的特点，剩余重力异常与铁矿化的关系密切，但除 17#钻孔处有面积为 500m×600m 的 $0.6\times10^{-5}m/s^2$ 高剩余重力异常外，其他剩余重力异常与铜矿化没有直接联系。

2.7 放射性测量

进行了 42.75km 的地表放射性测量，测量 K、Th、U 和放射性总量。放射性异常与铜矿没有关系。

2.8 钻探

累计在胡斯塔地区进行了 110 个孔位的钻探工作，累计进尺 35 383.55m(含浅孔冲击钻)，其中反循环冲击钻(RC)为 28 261.20m，金刚钻为 7 122.35m。

钻孔岩心每 2m 取一个样，所有样品送到 ALS－Chemex 实验室。用火试金法分析 Au，混合酸提取 ICP41 方法分析 Cu、Ag、Pb、Zn、As、Mo、Co、Ni、Cd、Bi、Sb、Fe、Mn、Ba、Cr、V、W、Al、Mg、Ca、Na、K、Sr、Ti、Zr、P、S、Hg、B、Be、La、Sc、Tl、U 等 34 种元素。对于铜含量大于 0.5% 的样品，利用 AA46 原子吸收法重新分析铜。

在首钢地质勘查院 1997 年岩石地球化学测量圈定的 13 号异常处，根据铜的土壤地球化学异常布设的 MA02 钻孔在 40～182m 钻到了 142m 深的铜的氧化物，平均品位 1.36%，最高 26.47%。在 1997 年预测的以 7、8 和 13 号铜异常为中心的热液或矿化活动中心处，根据土壤铜地球化学异常和 IP 异常布设的 MA64 钻孔在地下 168.3～299.5m 深处发现了深度达 131.2m 的原生铜矿，平均品位 2.62%，其中 278.5～299.5m 处的铜平均含量为 10.02%。

在胡斯塔地区还进行了 163 孔的普查性浅孔冲击钻钻探，目的在于探测沙土覆盖层下的氧化铜分布情况，平均孔深不超过 20m。

2.9 铜资源量

采用的是泛大洋洲矿物资源和矿石储量报告法案(JORC)，以 0.2% Cu 为边界品位，利用距离倒数平方(IDS)法计算了该区的资源量(表 1)。

表 1 秘鲁胡斯塔铜矿资源量(推测和控制的)

	矿石/10^3t	铜金属/10^3t	铜品位/%
氧化矿	145.8	842.0	0.58
混合矿	2.9	33.4	1.15
硫化矿－辉铜矿＋斑铜矿	13.7	327.8	2.39
硫化矿－黄铜矿	46.6	590.0	1.27
合计	209.1	1793.2	0.86

3 后期勘探

2004年12月加拿大Chariot资源公司购买该矿后继续勘探,2006年2月28日,Chariot资源公司已经在该矿探得铜资源量260万t(铜金属),此外,还伴生有1570.6t的银和13.3t的金,成为年度世界上一个重大的找矿发现。

4 结 语

从找矿技术上讲,综合利用地球化学测量(水系沉积物地球化学测量、岩石地球化学测量和土壤地球化学测量)、地球物理测量(磁法测量、IP测量、TEM测量、CSAMT测量、放射性测量、重力测量)、地质填图、遥感(IKONOS RGB)和钻探工程,在该区找到了一个大型铜矿。其中地质工作是基础,地球化学方法可以非常准确地预测主要矿带,而IP和TEM异常可以作为勘探隐伏原生铜矿的依据,但对铜的氧化矿则反应很弱。磁法异常主要反映的是铁矿体,对铜的反应很弱,电法则对深部的构造有较好的显示。

从找矿经验教训上讲,该矿最终是由力拓公司而不是首钢秘铁公司所发现,值得深思。与西方大的矿业公司相比,首钢秘铁公司的找矿方法和技术并没有什么差别,1997—1998年完成的地质和化探工作都非常准确地预测到了胡斯塔地下深部的铜矿体,这与最终的勘探结果完全吻合。主要的差别是观念、管理体制和经济实力。1998年完成该区的地质填图和原生晕化探之后,我们曾多次、多部门进行立项申请,要对该区进行进一步的钻探验证,并设计了6个钻孔,但当时国家有关部门认为这样的境外找矿勘探是企业行为,没有给予足够的支持。当时的矿业也不景气,国内生产企业不愿意进行风险很大的普查找矿投资,而地勘单位根本没有经济实力进行风险勘查,结果痛失良机。最终首钢选择了与力拓公司合作风险勘查。力拓公司在认准该区有找矿前景后,不到4年的时间内就投入了700多万美元进行普查勘探,导致该矿的发现,同时力拓公司也得到了很好的经济回报,反过来又可以用这里的收益去开展其他的风险勘查项目,形成良性循环。其在风险勘查方面的一些做法对我国地勘单位走出去开发和利用境外矿产资源有借鉴意义。

[参考文献]

[1] 武汉地质大学地球化学教研室.地球化学[M].北京:地质出版社,1979.

[2] Lowell J D, Guibert J M. Lateral and vertical alteration - mineralization zoning in porphyry ore deposit[J]. Econ. Geol,1970,65: 373-408.

DISCOVERY OF JUSTA Cu DEPOSIT IN PERU

CHEN Yu - ming

(*Shougang Institute of Geological Exploration*, *Beijing* 100041)

Abstract: Justa Cu deposit is located in the southwest of Peru, and belong to circum - Pacific polymetallic metallogenic belt. The deposit is a newly found large scale deposit, and just in detail exploration. Discovery history of the deposit is introduced, and main prospecting methods and effect are reviewed. Experience and lesson of ore prospecting in this deposit are summarized.

Key words: copper deposit, exploration history, discovery, Justa, Peru