

文章编号:1004-4116(2009)03-0001-0005

甘肃省白银矿田火山岩型铜多金属矿床 找矿方向探讨

高兆奎^{1,2}, 陈守宇², 韩要权¹, 周 宏¹

(1.甘肃省有色金属地质勘查局,甘肃 兰州 730000;2.中国地质大学资源学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:白银厂火山岩型铜多金属矿找矿经历了铁帽、老窿找矿—地球物理异常找矿等 9 个阶段,除在第一阶段发现了 4 个主要矿床发外,其他 8 个阶段找矿收效不大,仅发现了一个小型矿床,并在找矿有利区发现了一些矿化和小型矿体。经研究,火山岩型铜多金属矿床的找矿预测地质标志主要有火山机构、石英角斑凝灰岩层、背斜构造、钠长斑岩。找矿方向主要有已知矿床深部、具备预测地质标志的成矿有利区、第一火山喷发旋回之下的隐伏含矿层等 3 个方面。

关键词:白银矿田;预测标志;找矿方向

中图分类号:618.2

文献标识码:A

白银厂铜多金属矿田发现于解放初期,累计查明铜、铅、锌资源储量 240 万吨,其中铜 130 万吨。矿山“一五”期间建成投产,主要采用露天开采方式进行开采,是我国当时生产规模最大的铜矿山。上世纪 80 年代初期,露天开采闭坑,铜产量锐减。自白银铜矿建成投产以来,在已知矿床外围找矿几乎没有间断过。经过几十年的努力,在矿田内和外围并未找到规模较大的矿床。由于资源不足,白银市已被国务院确定为转型城市。

近年来,笔者承担了甘肃省国土资源厅白银矿田及其外围找矿方向研究课题,对白银矿田的资料进行了综合整理和研究,进行了部分野外工作,研究工作仍在进行中。由于白银厂找矿历史悠久、单位众多,形成的地质资料浩如烟海,要把前人工作的思路研究清楚并不是一件容易的事,要提出新的找矿方向就更难。因此,本文提出的找矿方向的观点和看法尚不成熟,目的是与同行进行交流,抛砖引玉,以期在白银厂及其外围找矿能取得新进展。

1 矿田地质概况

白银厂铜多金属矿田位于祁连造山带东段,大地构造上属北祁连分区。矿田内出露的地层主要是寒武系中统,次为志留系、三叠系等。其中,寒武系中统为含矿地层,可进一步划分为 4 个岩组:(1)下部中基性火山岩组的下部由灰绿色细碧玢岩、细碧岩及凝灰岩组成,上部由细碧玢岩、凝灰岩及凝灰质砂岩组成;(2)下部酸性火山岩组由石英角斑凝灰岩、角斑凝灰岩夹石英角斑岩、角斑岩、集块岩、千枚岩组成,是区内的赋矿层位;(3)上部中基性火山岩组的下部由灰绿色细碧玢岩、细碧岩及凝灰岩组成,上部由凝灰质千枚岩及大理岩组成;(4)上部酸性火山岩组主要由凝灰质千枚岩夹石英角斑凝灰岩和石英角斑岩组成。整个层序可划分为两个由基性到酸性的火山喷发旋回。根据曾俊杰^[1]等研究,将其中的第一旋回划归为震旦系白银岩群,其主要依据有:一是 1996 年中科院黄萱在该套地层中获得 Sm-Nd 同位素等时线年龄 593.5Ma;二是产于其中的微古植物化石大致可与其他地区震旦系中的对比。同时将第二旋回的上部基性岩组和上部酸性火山岩组分别划归为寒武系黑茨沟组和寒武系香毛山组。

矿田内褶皱构造发育。从南到北依次为:黑石山

收稿日期:2009-05-04

作者简介:高兆奎(1957~),男,教授级高级工程师,1983 年毕业于西安地质学院,1988 年获理学硕士学位,现为甘肃省有色金属地质勘查局副局长、总工程师,目前主要从事矿产勘查与研究工作。

复式背斜,大井子沟复式向斜,白银厂复式背斜,西岔沟复式向斜。白银厂复式背斜是区内的重要控矿构造,其中控矿的二级背斜有火焰山—四个圈—小铁山背斜,折腰山—铜厂背斜,拉牌沟倒转背斜等。背斜构造对矿化富集具有重要意义。

矿田内断裂构造较发育,以 NEE 向和 NW 向为主,其中 NEE 向断裂中规模最大的是 F1,东起房子沟,经极洞峡,向西与 NW 向大断裂相交,长度 20 余 km,倾向南东,倾角约 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$,性质属平移断层,是成矿后断裂。NW 向断裂主要分布于矿田的西南部,规模较大的是 F11,长度 18km,构成中寒武统和下寒武统的分界,倾向北东,是白银矿田的界边界断裂。

矿田内火成岩发育,其中火山岩分布广泛,可划分为两个大的喷发旋回,4 个亚旋回,共计 10 个韵律层。矿床全部分布于第一旋回的第二亚旋回中,矿化主要产于石英角斑凝灰岩中。在白银矿田及其外围,共有 4 个地区分布着与成矿有关的酸性火山岩,一是白银矿区,二是黑石山地区,三是石青碛地区,四是二道湾地区。矿田内的主要侵入岩有三类:第一类是钠长斑岩(次石英角斑岩),该类侵入岩规模较小,面积一般小于 0.4km^2 ,与矿体具有密切的空间关系,有的矿体产于该类岩石中。岩浆热液论者认为该类侵入岩体是白银厂铜矿成矿的关键;第二类是辉绿岩,主要分布的火焰山矿床之南,在黑石山地区也有分布。岩体面积小于 1.5km^2 ,矿床中有时可见辉绿岩脉。有学者认为矿区内发育的绿泥石化岩石是该类岩石蚀变的产物。热液论者认为,矿床成因与该类侵入体有关;第三类为花岗岩,主要分布在黑石山地区,最大者长 2 000m,宽 750m 左右,与成矿的关系不清。

矿田内共发现矿床 5 个。按金属量计算,折腰山矿床规模最大,累计查明铜锌资源储量 102.3 万 t,其中铜 92.6 万 t,锌 9.7 万 t。矿田内第二大矿床是小铁山多金属矿床,累计查明铜铅锌资源储量 97.8 万 t,其中铜 9.9 万 t,铅 33.1 万 t,锌 54.8 万 t。排名第三的矿床是火焰山矿床,累计查明铜铅锌资源量 26.5 万 t,其中铜 25.1 万 t,铅 0.1 万 t,锌 1.3 万 t。铜厂和四个圈矿床规模较小,累计查明铜铅锌资源量分别为 8.9 和 4.6 万 t,以锌为主。所有的矿床均产于火山机构附近的石英角斑凝灰岩中,矿化富集与背斜构造和脉岩关系密切。矿体主要赋存于石英角斑凝灰岩中,个别矿体赋存于钠长斑岩中,其形态主要为似层状,也有脉状和筒状矿体。矿石主要有

块状和浸染状两种。折腰山矿石的矿物成分为:主要矿物黄铁矿、黄铜矿;次要矿物闪锌矿、方铅矿、黝铜矿等;微量矿物有 20 多种,以铁、铜、铅、锑的硫化物为主,氧化物主要是磁铁矿,自然元素矿物主要是自然金和金银矿。脉石矿物主要是石英、绢云母、绿泥石等。小铁山矿床矿石的主要矿物是黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿;次为砷黝铜矿、斑铜矿;微量矿物有毒砂、磁铁矿、菱铁矿、自然金、自然银、银金矿、金银矿等。脉石矿物与折腰山类似,不同的是含有重晶石和较多的钠长石。矿石中的主要有用元素是铜、铅、锌,共伴生组分有金、银、碲、钨、硒、镓、锑、铊等。

2 白银矿田火山岩型铜多金属矿找矿历史回顾

2.1 根据铁帽和老窿找矿阶段

解放前,白银厂地区曾作为铁锰矿进行过调查研究。1951 年,原国家地质计划指导委员会根据有关报道,委派宋叔和等组成 641 队,进入白银地区开展找矿工作。当时的主要找矿方法是评价铁帽和清理老窿,结果发现了烟灰色的辉铜矿。经与西班牙里奥廷托黄铁矿型铜矿床对比,初步认为白银厂地区具有较大的找矿前景。随后,按照铁帽和老窿揭示的矿化现象,结合火山岩的分布特征,制定了勘查方案。相继发现了折腰山、火焰山、小铁山、铜厂等四个矿床。这些矿床的发现和勘查成功为白银厂铜矿开发奠定了基础。

2.2 根据蚀变带和片理化带找矿阶段

1963 年,现甘肃省有色金属地质勘查局地质三队进入白银矿区,首先是对小铁山铜多金属矿床进行了补充勘探。之后,在矿区内已知矿床的外围进行了 20 多年的找矿工作。到上世纪 80 年代初,完成钻探 30 余万米,提交铜、铅、锌资源储量 18.26 万 t。小铁山矿补勘结束后,有色地质三队通过系统研究前人勘查成果,认为已发现矿床的硅化、绢云母化、绿泥石化是重要找矿标志。由此选择了对四个圈、FZ 区、LP 区的蚀变带进行了钻探解剖。在四个圈圈定矿体 28 条,提交小型矿床一处。在 LP 区圈出规模小的低品位矿体,认为该区未见绿泥石化蚀变,矿体已被剥蚀。在 FZ 区只见到黄铁矿化,认为该蚀变带不在含矿层位上,不具备成矿条件。

1964 年,冶金部北京地质研究所对矿田内的围

岩蚀变进行了研究,发现所有矿床均产于无长石带中,其地表的识别标志是片理化带。在片理化最强的FY区进行了钻探验证,未发现任何矿化,也未发现无长石带的存在,说明片理化并不能作为找矿标志。

2.3 根据铁帽二次找矿阶段

1965年,在上述找矿成效不大的情况下,有人提出,只有铁帽才是唯一的找矿标志。于是,有色地质三队在矿田范围内进行全面的找铁帽工作,共计发现铁帽26处。选择规模最大条件最好的铁帽进行了钻探和坑探验证,结果未发现矿体。由此认识到铁帽只有发育在石英角斑凝灰岩中才有找矿希望。

2.4 根据石英角斑凝灰岩找矿阶段

通过前3个阶段的找矿工作,地质人员认识到只有石英角斑凝灰岩才是矿田内唯一的赋矿岩性。因为矿田内所发现的5个矿床均产于这一岩性层内。在这个岩性层内成矿,无论用火山喷流沉积观点,还是岩浆热液观点都能解释。由此,选择了CL区和SH区具有蚀变的地段进行了钻探找矿,在前一地区,施工钻探11个,后一地区施工钻探20个,但均未发现任何矿体。有人提出在含矿背斜相邻的向斜之中,含矿层位必然存在,有可能成矿。根据这种认识,在向斜中施工了4个钻孔。但按推断的含矿层深度,均未见到石英角斑凝灰岩,最深的钻孔深度达780m。其可能的解释有两种,一是含矿层与熔岩是相变关系,在这个深度上含矿层已尖灭;二是含矿层产状变化,埋深增大未见到。

2.5 根据钠长斑岩找矿阶段

白银厂铜多金属矿的成因观点众多,但比较集中的观点有两种,即火山喷流和岩浆热液两种成因观点。由于上阶段在石英角斑凝灰岩中找矿无功而返,岩浆热液论者占了上风。他们认为各矿床内分布的钠长斑岩是成矿母岩,其主要依据是火焰山194号矿体直接产于钠长斑岩中,小铁山矿床矿体下盘的钠长斑岩分布范围与矿体的分布范围一致,矿区广泛分布的与矿体空间关系密切的绿泥石化是辉绿岩蚀变的结果。据此,对区内的钠长斑岩进行了研究,首先选择了规模最大的小铁山钠长斑岩进行找矿,依据是小铁山矿床产于该钠长斑岩的南侧,其北侧按照对称原理应该成矿。用钻探和坑探对该钠长斑岩的北接触带进行了评价,在外围选择了FZ区和GG区的钠长斑岩进行钻探找矿,所施工的工程

均未见矿。这一阶段的认识是钠长斑岩规模小,形不成规模如此巨大的矿床。

2.6 在基性岩中找矿阶段

由于在酸性岩中找矿收效不大,有人提出在基岩火山岩中找矿的设想。理论依据是国外有塞浦路斯型铜矿,在祁连造山带找到了红沟铜矿,在矿田周边发现了银洞沟、猪嘴哑巴铜矿床等,区内一些基性岩发育区,地表已圈出孔雀石化带。于是选择了SH、QM、EDXZ、MA、SY等5个地区进行了地表揭露和深部钻探验证,但均未发现矿体,仅部分钻孔中见到黄铁矿化。

2.7 根据铁锰质硅质岩找矿阶段

这一阶段的主要理论依据是类比日本黑矿的成矿模式,铁锰硅质岩之下是黑矿,黑矿之下是黄矿。对部分地区的铁锰硅质岩的下伏层位用钻探进行了探索,结果未发现矿体,只见到了硅质岩和千枚岩。这一阶段的主要认识是黑矿模式并不能指导本区找矿。

2.8 层位+背斜找矿阶段

根据所有矿床均产于酸性凝灰岩层和背斜构造中的事实,对ZYSX地区的背斜进行了钻探解剖,结果是证实了含矿层位和背斜的存在,发现了矿化。对TCB背斜进行了钻探验证,发现了较强的矿化,圈定小型铅锌矿体若干个,由于品位低、规模小、埋深大而放弃。

2.9 根据物探异常找矿阶段

在上述每个找矿阶段都参考了物探异常。如原641队对放马沟的等电位异常进行过验证等。上世纪80年代中期。甘肃省有色金属地质勘查局与澳大利亚合作,在区内开展了大面积的物探工作,圈定了一批地球物理异常,经钻探验证,均未找到矿体。有多家科研单位进行了科研工作和物探工作,对异常进行了验证,但找矿收效不大。

3 白银厂火山岩型铜多金属矿找矿预测地质标志

纵观白银厂铜多金属矿的找矿历史,除第一阶段找矿取得突破外,其余按单因素找矿阶段收效不大。在蚀变带和片理化带找矿阶段,找到了四个圈小

型矿床;在层位+背斜找矿阶段找到了一些零星的矿体和矿化,其余阶段基本未找到矿。矿床成因观点众多,主要有火山成因和岩浆热液成因之争。无论矿床成因如何,在矿床地质特征中有 4 个方面是大家公认的。一是矿床产于火山机构附近;二是所有的矿床均产于石英角斑凝灰岩中;三是所有矿床均产于背斜构造中。四是矿床内或附近均可见到钠长斑岩。我们认为上述 4 个要素加上物、化异常和蚀变标志就是该类矿床的找矿预测标志。下面对这 4 个标志在成矿中的作用进行分析。

火山机构对成矿的作用是决定性的。日本黑矿、我国的阿舍勒铜矿等类似矿床均产于火山机构附近。从矿田内部来看,在庙庙山可以看到火山通道,矿床中分布有较多的集块岩,这是火山机构存在的重要标志。曾俊杰^[1]等在矿田内确定了 2 个火山喷发中心,9 个火山口。一般来说,成矿物质喷出海底后,迁移距离越远分散的概率就越大,故火山岩型矿床多产于火山机构附近是必然的。

石英角斑凝灰岩是重要的赋矿层位。这是火山成矿规律和该类岩石特征两方面决定的。就火山成矿规律而言,成矿流体的喷出是在火山喷发的间歇期,大量熔岩喷出期并不成矿。这决定了矿床必然产在凝灰岩层中或火山岩与沉积岩的界面附近。这一火山成矿规律决定了凝灰岩层或赋存有矿体、或成为后期改造成矿的矿源层。就岩石学特征而言,凝灰岩与熔岩相比,具有较大的孔隙度和渗透率,在后期改造中成矿物质易在该层中集中,并可能成矿。因此,所有矿床均产于该层位中是不难理解的。

背斜构造是矿床改造富集的重要条件。所有矿床均产于背斜构造中,这是大家公认的。但对背斜成因有不同看法,一种认为赋矿背斜是继承性的,由原来的火山锥改造而成;另一观点认为是由挤压而成。无论成因如何,在造山过程中,当成矿物质活化迁移时,总体是向压力减小的背斜转折端的高点运移,这一点是无可争议的。因此,背斜构造对矿床的改造富集作用是不可忽视的。

钠长斑岩是矿床富集的重要条件。钠长斑岩对成矿有两个方面的作用,一是钠长斑岩携带矿质,使原有矿化进一步富化。火焰山 194 号矿体产于该类岩石中就是其携带矿质的重要依据;二是该类岩石是矿床改造富集的重要热源。在火山喷发晚期,当火山口上部被熔岩充填封闭时,后期喷发的熔岩就会在火山机构下部沿着尚未固结的凝灰岩层(与熔岩相比相对软弱)充填其中,或其界面附近,形成钠长

斑岩。钠长斑岩附近分布在凝灰岩中已沉淀的矿质就会被活化,并向上迁移,在成矿条件合适的地段成矿。小铁山矿床下盘的钠长斑岩在成矿中就可能扮演了这种角色。

从上面分析中不难看出,火山机构和凝灰岩层是成矿的基础条件,没有这两个条件,是不可能形成这类矿床的。背斜构造和钠长斑岩是成矿富集条件,没有这两个条件就不可能形成这样富的矿。将上述 4 个要素进行简单组合,可将找矿靶区分为 3 类,第一类是 4 个要素都存在的地区,第二类是只有 3 个要素存在,第三类是只有两个要素存在的地区。其成矿的可能性大小见表 1。

表 1 白银矿田找矿靶区分类表
Table 1 Classification of prospecting target area
in Baiyin ore field

	火山 机构	凝灰 岩层	背斜 构造	钠长 斑岩	成矿条件和可能性
一类	存在	存在	存在	存在	成矿条件最好,可能性最大
二类	存在	存在	存在	无	二类条件最好,可能性较大
	存在	存在	无	存在	条件一般,成矿可能性中等
	存在	无	存在	存在	成矿条件差,可能性小
三类	无	存在	存在	存在	二类条件次好,可能性较大
	存在	存在	无	无	三类次好,成矿可能性中等
	存在	无	存在	无	成矿条件差,可能性较小
	存在	无	无	存在	成矿条件差,可能性较小
	无	存在	存在	无	三类最好,成矿可能性中等
	无	存在	无	存在	成矿条件差,可能性小
	无	无	存在	存在	成矿条件差,可能性小

一类区 4 个要素均存在,是成矿最有利的地区。在白银厂及其外围地区地表已选不出这样的找矿靶区。但已知矿床的深部是这 4 个要素都存在的地区。因此,深部找矿是该区的首要选择。

二类区有 4 种情况。其中的 123 组合在第二类中成矿条件最好,仅少一个钠长斑岩的富集因素,找到规模较大矿床的可能性较大;次为 234 组合,靶区内虽未发现火山机构,但是钠长斑岩的存在说明火山机构就在附近,也可能找到大而富的矿床。124 组合中没有背斜构造,是否成矿取决于后期改造的强度。若后期改造弱,没有形成成矿物质的大量迁移,则可能成矿。若改造强,则成矿物质可能迁移到其他有利部位,已形成的矿床可能被破坏。134 组合成矿条件最差,因为没有有利的含矿岩石。若成矿,则是小型岩浆热型矿床。

三类区有 6 种情况。其中 23 组合最好,在后期改造中可能成矿。在 TCB 地区深部发现强烈矿化,

并圈定若干小型铅锌矿体说明这种组合中可以找到矿。三类次好的12组合。这种地区由于没有富集因素,可能找矿贫矿,但若改作用强,则矿床可能被破坏。其他四类组合成矿条件差。

4 找矿方向探讨

综合上述主要找矿预测标志认为,白银厂及其外围主要找矿方向有3个。一是已知矿床的深部找矿。因为已知矿床的深部4个找矿标志均存在,是找矿的首选区。小铁山深部找到近50万吨的金属就是很好的例子。从火山岩型铜矿的找矿实践来看,该类矿床矿体延深大于延长的例子很多,如文县筏子坝铜矿,长度约150m左右,延深大于700m,延长与延深之比为1:4.7。青海锡铁山铅锌矿矿体尖灭再现,在深部同一层位找到了第二成矿空间,探获铅锌资源量近200万吨。辽宁红透山铜矿深部找矿取得重大突破等都说明已知矿床的深部是找矿的首选区。

第二个找矿方向是在矿田内和周边地区选择成矿有利的二类区和三类区进行评价。在已知矿床周边首选TCB区,该区属三类区,以往工作已圈出铅锌矿体,发现了较强的矿化。第二个区是FM区,属三类区,以往工作已发现矿化,进一步工作有可能找到工业矿体。第三个区为HSS地区,属二类成矿区,有火山机构、背斜构造,钠长斑岩出露,根据层序推断,石英角斑凝灰岩层隐伏于上部层位之下。可进一

步划分为WM、HTLC、HW三个带,地表已发现矿化和蚀变。第四个区是SZZ地区,属三类区,地表有矿化和蚀变,可分为BST和JTX两个带,推测矿化层位埋较深大。第五个区是LJDG区,属三类区,有背斜造,推测含矿层隐伏于现有层序之下,进行一步可划分为两个带,地表未发现矿化和蚀变。

第三个找矿方向是探索现有含矿层之下的隐伏含矿层。白银厂地区目前共发现2个火山喷发旋回,矿床全部产于第一旋回的酸性火山碎屑中。在第一旋回之下是否存在尚未发现的其他火山喷发旋回?在这些旋回中是否成矿?针对这些问题,2007~2008年我们在石青洞地区进行了探索。在矿区出露的最老熔岩区(第一旋回的下部)施工了一个801m的深孔,证实了我们的想法,该钻孔见到了两层厚大的黄铁矿化石英角斑凝灰岩层。第一层厚度230m,见矿3层,厚度1~4m;第二层厚度大于212m(钻孔未打穿),圈出铜矿体1条,厚度2m。含矿层普遍发育有硅化、绢云母化、黄铁矿化等。下一步要解决的是矿床的定位预测问题。这一找矿方向虽然风险大,但是其地质意义重大。一旦成功,就等于在该区找到了第二含矿层位,其前景远比在第一含矿层中探索要大得多。

参考文献

- [1] 曾俊杰,李注苍,齐建宏,等.白银地区火山—沉积岩系岩相学特征[J].甘肃地质,2009,18(1):12-20.

DISCUSSION ON PROSPECTING DIRECTIONS OF VOLCANIC COPPER-POLYMETALLIC ORE DEPOSITS IN BAIYIN ORE FIELD, GANSU PROVINCE

GAO Zhao-kui^{1,2}, CHENG Shou-yu², HAN Yao-quan¹, ZHOU Hong¹

(1. Gansu Bureau of Geology and Exploration for Nonferrous Metals, Lanzhou 730000, China;

2. School of Mineral Resource, China University of Geology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Nine stage prospecting work from gossan and old workings prospecting to geophysical anomaly prospecting has been done in Baiyin ore field, 4 copper-polymetallic ore deposits have been found in the first stage. The other eight stage prospecting work has little effect, only one small deposit, several small ore bodies and mineralized areas have been found. The prospecting prognostic criteria for volcanic copper-polymetallic deposits in the ore field are volcanic apparatus, quartz keratophyre tuff strata, anticline, and albitophyre. The prospecting directions are the deep areas of ore deposits found, the suitable ore-forming areas in which there exist the prospecting criteria, and the mineralized quartz keratophyre tuff strata which is buried under the oldest volcanic strata outcropping on the surface.

Key words: Baiyin ore field; prognostic criteria; prospecting direction