西北西质 NORTHWESTERN GEOLOGY

2013年(总189期)

Vol.46 No.4 2013 (Sum189)

青海祁漫塔格地区主要矿床类型找矿方法探讨

李东生1,张文权1,田承盛2,颜琛3,王丽君1,景向阳1

 (1. 青海省第三地质矿产勘查院,青海 西宁 810029; 2. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000; 3. 中国地质大学,北京 100083)

摘要:基于近年在祁漫塔格地区的勘查实践,初步总结出该区的成矿特征,认为该区主要矿床类型以矽卡岩型铁多金属矿为主,成矿与磁铁矿化密切相关,铁与多金属矿相伴产出,具备磁电方法组合找矿的前提条件。结合生产实例,总结出该区砂卡岩型铁多金属矿有效的勘查方法组合:1:50 000 磁法扫面确定找矿远景区→1:10 000高精度磁测缩小找矿靶区→1:2 000 磁电剖面定位→钻探验证并控制矿体→井中物探确定矿体范围,找矿效果良好。该找矿方法组合为今后该区科学部署矿产勘查工作起到积极的指导作用。

关键词: 矿床类型; 找矿方法; 祁漫塔格; 青海

中图分类号: P618.07 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-6248(2013)04-0131-11

Discussion on the Metallogenic Characteristics and Ore-prospecting Methods of Qimantage Region, Qinghai Province

LI Dong-sheng¹, ZHANG Wen-quan¹, TIAN Cheng-sheng², YAN Chen³, WANG Li-jun¹, JING Xiang-yang¹

 The Third Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Xi'ning 810029, Qinghai, China; 2. Qinghai Geological Survey, Xi'ning 810000, China;
 China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the exploration practice achieved in recent years, the paper makes a preliminary summary of metallogenic characteristics in Qimantage region and considers that the main metallogenic types of mineral in this region are skarn type of iron-polymetallic deposit. The mineralization were closely related to magnetite. Iron and polymetallic ore were associated in existence. So the combination method of magnetic and electricity can be applied in ore-prospecting. Combined with production cases, the paper summed up the effective exploration method combination in this region. Firstly, 1 : 50000 magnetic scanning survey is conducted to determine the ore prospective area, then 1 : 10000 high-precision magnetic survey is carried out to narrow the prospecting targets, thirdly, 1 : 2000 magnetic-electric profile is fixed to determine the ore body position, the next step is drilling to verify and control the ore body, finally, borehole geophysical prospecting is applied to determine the ore body range. The exploration method combination has good results in prospecting practice and is good enough to play an active guiding role in the scientific exploration deployment in this region.

Key words: Deposit types; Ore-prospecting methods; Qimantage; Qinghai

收稿日期: 2012-06-01; 修回日期: 2013-08-12

基金项目:青海省国土资源厅"青海省祁漫塔格地区铁铜矿整装勘查"(1212011086025)

作者简介:李东生(1970-),男,2011年毕业于中国地质大学(北京),矿床学博士,高级工程师(教授级),从事矿产 勘查和研究工作。E-mail:zwenquan@126.com

青海祁漫塔格地区地处青藏高原东北部柴达木 盆地西南缘,是青海东昆仑成矿带西部的重要组成 部分。该区成矿条件优越,自20世纪70年代以 来,开展了以矽卡岩型为主的找矿工作,相继发现 了野马泉铁矿、尕林格铁矿、肯德可克铁矿及部分 铅锌矿点。2000年以来,随着国土资源大调查的 实施,该区掀起了新一轮的找矿高潮,老矿床规模 不断扩大,新矿点不断被发现,新矿床类型不断被 识别, 使该区的找矿工作取得了历史性突破。2009 年,中国地质调查局发布大调查矿产资源调查成果 时,将祁漫塔格地区列为全国矿产资源勘查开发接 替基地之一,同时启动的整装勘查,将祁漫塔格地 区铁铜多金属矿整装勘查列为全国整装勘查项目之 一。笔者长期在该区从事矿产勘查和技术管理工 作,以生产实例为基础,初步总结了该区主要成矿 类型和成矿特征,并对主要矿床类型的找矿方法进 行了总结和探讨,提出了有效的勘查技术方法组 合,以期对该区科学部署矿产勘查工作起到积极的 指导作用。

分,处于古亚洲构造成矿域与特提斯构造成矿域结 合部,其北部为柴达木陆块(Ⅰ₁),由北祁漫塔格 早古生代岩浆弧和祁漫塔格早古生代结合带 (Ⅰ,)、昆仑陆块(Ⅰ,)、南昆仑俯冲碰撞杂岩带 (Ⅰ₄) 组成(张雪亭等, 2007)。以昆北、昆中、 昆南3条深大断裂分界,分为祁漫塔格、昆中、昆 南3个成矿亚带(图1)。区域地质构造演化经历 了前寒武纪结晶基底的形成、早古生代(加里东 期) 拉伸裂解多岛洋的形成及造山、晚古生代一早 中生代(晚华力两一早印支期)古特斯洋向北俯冲 闭合及多岛洋陆块最终焊合造山、晚中生代一新生 代陆内叠覆造山4个构造旋回。出露地层主要有: 下元古界金水口岩群 (Pt₁J)、中元古界狼牙山组 (Jxl)、下古生界滩间山群 ($\in OT$)、上泥盆统牦 牛山组 (D₃m)、下石炭统大干沟组 (C₁dg)、上 石炭统缔敖苏组(C₂d)、中下二叠统打柴沟组 $(P_{1,2}dc)$ 、上三叠统鄂拉山组 (T_3e) 、古近系、新 近系和第四系。区域构造发育,以北西向、北西西 向断裂为主,加上北东向、近南北向断裂,形成该 区构造格架的主体,控制着地层、岩浆岩及矿产的 分布。岩浆岩分布广泛,以印支期中酸性侵入岩为 主,加上部分华力西期、燕山期中酸性侵入岩,构 成祁漫塔格北西向岩浆弧带(高晓峰等,2009)。

1 地质背景





图 1 祁漫塔格及邻区构造略图

Fig. 1 Structural map of Qimantage and Adjacent Areas

Ⅰ1. 柴达木陆块; Ⅰ2. 北祁漫塔格早古生代岩浆弧和祁漫塔格早古生代结合带; Ⅰ3. 昆仑陆块; Ⅰ4. 南昆仑俯冲碰撞杂岩带;
 Ⅲ1. 巴颜喀拉边缘前陆盆地; F1. 昆南断裂; F2. 东昆中断裂; F3. 昆北断裂; F4. 格尔木隐伏断裂; •. 矿床(点)

2 主要矿床类型及成矿特征

祁漫塔格地区矿产资源丰富,主要矿种有铁、

铜、铅、锌、钼、锡、金等,已发现矿床(点)50 多处,发现的大中型矿床主要有卡而却卡铜钼矿、 野马泉铁多金属矿、虎头崖多金属矿、乌兰乌珠尔 铜锡矿、肯德可克钴铁矿、四角羊多金属铁矿和尕 林格铁矿和它温查汗铁多金属矿等。主要分布在昆 中、昆北断裂两侧,主要矿床类型有砂卡岩型、斑 岩型和热液型。近年,发现并提出了喷流沉积型 (层控热液叠加型?)、沉积变质型矿床(点)的存 在,但存在一些争议和值得探讨的方面。主要矿床 类型及典型矿床(点)见表1。

根据成矿时代和类型,可初步分为3成矿个时

表1 祁漫塔格地区主要矿床类型及6	代表性矿床	(点) 表
-------------------	-------	-------

Tab. 1 The deposit types and representative deposits (points) in the Qimantage

矿床类型	成矿时代	代表性矿床 (点)	主要矿种
矽卡岩型	晚华力西一印支期	野马泉、四角羊、尕林格	铁、铅、锌、铜
斑岩型	印支期一早燕山期	卡而却卡 A 区、乌兰乌珠尔、长 山、它温查汗	铜、钼、锡、铅、锌
热液型	华力西一印支期	虎头崖、卡而却卡 C 区	铅、锌、铜
喷流沉积型	中元古代、加里东期	肯德可克、虎头崖(?)	铜、铅、锌、铁、钴
沉积变质型	古元古代	别里塞北、查可勒图	铁

期,并具有不同的成矿特征。一是早元古代与金水口 岩群有关的沉积变质型铁矿产于金水口岩群片麻岩、 大理岩层间,层位基本稳定,规模大,主要金属矿物为 细粒磁铁矿,经后期岩浆热液叠加,出现厚且富的铁 矿层,并在边部出现矽卡岩化铅锌矿化。目前,发现 的典型矿床有别里塞北铁矿和查可勒图铁矿;二是早 古生代喷流沉积型铁钴矿,产于滩间山群中,底部存 在硅质岩(潘彤,2011;李文渊,2010),铁钴矿呈似层 状产出,顶部为砂卡岩化磁铁矿层,外围有砂卡岩化 铅锌矿化:三是晚华力西一早燕山期形成的与岩浆作 用有关的矽卡岩型-斑岩型-热液型系列多金属矿产, 斑岩型矿床受构造控制明显,一般产于不同断裂构造 的交汇部位,与中晚三叠世一早侏罗世高钾钙碱性中 酸性岩浆岩有关,主要金属矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉 钼矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,少量磁铁矿,在斑岩体 周边可形成矽卡岩型-热液型矿床。矽卡岩型-热液 型矿床是该带的主要成矿类型,与晚华力西一早燕山 期中酸性侵入岩有关,侵入岩与下古生界滩间山群 $(\in OT)$ 、下石炭统大干沟组(C₁dg)、上石炭统缔敖苏 组(C₂d)碳酸盐岩接触可形成典型的矽卡岩带和铁多 金属矿体。矿体形态多样,以磁铁矿体为主,品位高, 向底部或边部出现铜铅锌矿体,具有一定的分带性。 主要金属矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、 闪锌矿、黄铁矿等。在构造裂隙、岩体裂隙或地层中 也可形成热液型多金属矿化(丰成友等,2010,2012)。

3 主要矿床类型勘查方法组合

祁漫塔格地区从地理景观看,大部分地区被第 四系风成砂覆盖,成矿以矽卡岩型-斑岩型-热液型 矿床为主,每种类型矿床均有磁铁矿、磁黄铁矿产 出,沉积变质型铁矿中也以磁铁矿为主。因此,结 合近年在该区勘查工作经验总结,认为磁法测量是 确定找矿远景区、划分工作靶区最有效的方法 手段。

高精度磁法测量是观测地下介质磁性差异引起 的磁场变化的一种地球物理勘查方法,具有仪器小 巧轻便、工作效率高、异常明显、场地限制条件少 等诸多优点。

床为例。其勘查最有效的方法组合是,首先利用 1:50 000地面高精度磁法扫面圈定找矿远景区, 在圈定的找矿远景区中利用1:10 000 地面高精度 磁测确定出找矿靶区,然后在找矿靶区中选择剖 面,开展1:2000地面高精度磁测,并对剖面结 果进行正反演模拟,确定钻孔位置,最后实施钻探 验证、控制。一般情况下,以磁铁矿为主的矿体显 示在正值异常区,以铜、铅、锌为主的多金属矿体 显示在零等值线附近和负值异常区。为提高磁法解 释和工程施工定位的精度,在某些地磁异常区可采 用1:2 000 地面高精度磁测和1:2 000 或 1:5 000激电剖面相结合的方法,这有 3 个优点: 一是以磁铁矿为主的矿体,在磁、电剖面上异常突 出,两者相互参照解释,可快速、较为准确地确定 工程施工的位置; 二是当磁异常较弱, 异常是由岩 体、或矿体引起难于确定时,激电结果可以提供参 考;三是在黄铁矿、碳质地层发育地区,当以多金 属矿体为主时,利用磁法区分和排除激电剖面上的 干扰异常。同时,磁异常经钻孔验证控制后,根据

2013 年

见矿情况,可开展井中三分量磁测、电阻率测井, 进行地层划分,寻找盲矿体并大致确定其位置。见 多金属矿时,可开展充电测量,圈定矿体范围。需 要注意的是1:2000高精度磁测剖面的二维正反 演工作要结合地质实际情况,并参考已知钻孔资料 开展,必要时做三维反演。在构造控矿、金属硫化 物较多的异常区可采用可控源音频大地电磁测深 (CSAMT)方法,发挥其勘探深度大、水平和垂 向分辨率高、地形影响小、高阻屏蔽影响小、信息 丰富的优点,利用反演断面图划分构造,圈定低阻 异常,为工程部署提供依据。

由此可以总结出砂卡岩型铁多金属矿勘查的有 效方法组合:1:50 000 磁法扫面确定找矿远景区 →1:10 000 高精度磁测缩小找矿靶区→1:2 000 磁电剖面定位→钻探验证并控制矿体→井中物探确 定矿体范围。

上述物探方法组合已成功应用于其他类型矿床 勘查中。例如,沉积变质型铁矿,可优选古元古代 金水口岩群分布区开展1:50 000 磁法测量,圈定 的找矿远景区,优选异常开展1:10 000 地面高精 度磁测确定找矿靶区,再利用1:2 000 高精度磁 测剖面确定孔位,然后直接使用钻探验证就可达到 目的。

4 应用实例

4.1 矿区磁、电物性特征

近年来,随着祁漫塔格地区地质工作的开展, 在各个矿区均进行了不同岩、矿石标本的物性测定 和统计工作,结果见表2、表3。

表 2 卡尔却卡一野马泉工区岩、矿石标本磁物性测定统计表

Tab. 2	The physical properties measurements table of the rocks and ore
	specimens in the kaerqueka and yemaquan work areas

后本女称	块数	磁化率 (κ) ×4 π ×10 ⁻⁶ SI			剩磁强度 (J _r) ×10⁻³ (A/m)		
怀平名林	(块)	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
磁铁矿矿矿石	115	3 224.00	396 093.40	271 366.75	1 459.50	603 758.00	41 263.18
磁铁矿化矽卡岩	61	35.10	1 081 071.00	222 909.30	25.60	211 182.00	43 079.70
黄铜磁铁矿化矽卡岩	30	1 133.00	145 415.00	66 342.00	414.00	145 608.00	53 153.00
含铁石英岩	128	31.00	179 720.00	14 227.00	51.00	430 008.00	39 450.00
肉红色似斑状二长花岗岩	22	11.00	2 025.00	2 610.00	18.00	4 715.00	930.00
辉长岩	105	12.00	7 672.90	1 715.95	7.00	1 226.40	134.45
安山岩	126	1.00	5 407.00	1 034.83	6.60	1 500.10	146.60
矽卡岩	62	1.00	8 475.00	1 423.00	19.00	793.00	112.50
透辉石矽卡岩	15	35.00	142.00	88.00	4.00	95.00	35.00
褐铁矿化碎裂矽卡岩	15	10.00	3 090.00	284.00	10.00	5 007.00	379.00
褐铁矿	20	2.00	897.00	292.00	27.00	792.00	241.00
铜矿石	30	4.20	4 772.70	564.50	12.80	623.30	117.20
钼矿石	30	6.80	2 133.10	301.20	18.10	1 686.90	285.40
铜钼矿石	30	11.50	4 514.40	662.50	12.10	469.20	123.70
大理岩	164	3.00	3 896.00	389.49	24.00	1 236.00	126.51
硅质岩	20	3.00	522.20	111.50	12.20	884.00	141.95
片岩	15	221.00	1 363.00	617.00	14.00	297.00	119.00
泥钙质板岩	20	10.00	1 567.00	240.00	6.00	154.00	50.00
灰岩	105	0.00	2 503.00	199.00	5.00	1 389.00	201.00
碳质灰岩	4	146.00	902.00	481.00	102.00	713.00	399.00
绢云石英岩	15	28.40	3 174.30	770.40	25.60	928.90	389.70
石英砂岩	26	11.00	1091.40	375.60	13.16	1194.80	176.00
二长花岗岩	113	1.00	1 160.00	178.84	12.00	779.00	75.32
花岗岩	60	2.00	858.00	200.00	7.00	573.00	56.00
花岗斑岩	15	73.00	695.00	158.00	17.00	89.00	91.00
闪长岩	287	6.00	11 336.00	747.47	3.40	2 054.00	297.73
闪长玢岩	10	4.00	1 812.00	737.00	83.00	1 077.00	267.00

表 3 卡尔却卡一野马泉工区岩石、矿石标本电物性测定统计表

Tab. 3 The electric physical properties measurements table of the rocks and ore

specimens in the kaerqueka and yemaquan work areas

标本名称	块数 (块)	电阻率 (Ω・m)			极化率 (%)			
		最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	
黄铁矿化含碳角岩	26	38.88	6 319.70	932.65	4.74	56.15	31.60	
黄铁矿矿石	35	40.67	1 532.20	579.03	0.28	55.78	23.50	
黄铁矿化闪锌矿矿石	35	12.73	5 842.00	699.90	2.24	46.53	22.39	
炭质灰岩	24	9.22	4 586.00	861.50	2.46	52.19	20.33	
黄铁矿化大理岩	16	167.20	9 918.00	2 066.00	2.60	38.22	17.30	
含碳大理岩	36	20.74	6 120.10	2 228.50	0.28	55.02	15.30	
黄铜矿矿石	37	11.95	10 000.00	986.65	4.57	26.44	14.25	
含黄铜矿辉钼矿矿石	32	23.56	5 573.50	2 018.10	1.60	52.31	11.90	
闪锌黄铜矿矿石	31	125.21	3 016.20	831.00	2.03	32.66	8.20	
磁铁矿石	15	4.00	122.00	50.00	3.09	8.90	6.00	
含铜赤铁矿矿石	57	23.38	9 188.20	2 978.60	0.48	39.17	7.11	
含铁石英岩	128	42.00	67 521.00	8 031.00	0.80	36.58	8.87	
孔雀石化黄铜矿化花岗岩	120	6.72	76 191.00	6 023.40	0.10	44.50	7.01	
磁铁矿铜铅锌矿化矽卡岩	3	3 848.00	6 372.00	5 047.00	5.06	5.77	5.50	
泥钙质板岩	20	976.00	29 878.00	6 376.00	1.21	8.36	2.49	
透辉石矽卡岩	25	132.91	35 807.00	4 570.00	0.06	7.40	2.50	
硅化大理岩	41	79.75	78 944.00	18 248.93	0.27	4.44	1.30	
大理岩	76	85.79	82 176.00	12 853.70	0.19	3.06	1.35	
结晶灰岩	28	1 587.30	51 631.00	9 845.00	0.38	4.15	1.30	
灰岩	131	482.00	40 754.00	5 948.00	0.10	4.75	1.31	
角岩	8	10 034.00	38 215.00	27 865.00	1.81	5.39	2.20	
二长花岗岩	37	223.80	23 739.00	4 597.50	0.10	3.96	0.70	
花岗岩	57	15.70	46 293.00	16 559.50	0.58	6.91	1.68	
花岗闪长岩	24	101.70	43 655.00	14 506.00	0.34	4.12	1.45	
闪长岩	55	1 148.20	42 401.00	7 230.27	0.32	6.45	2.13	
矽卡岩	37	557.00	8 838.00	2 244.25	0.09	3.70	0.66	
角闪岩	10	1 487.10	6 041.10	3 882.90	0.41	1.88	0.89	
硅质岩	18	759.00	9 363.00	2 549.00	0.04	2.39	0.80	
安山岩	30	220.91	1 048.40	519.98	0.08	0.34	0.15	

由表 2 可以看出,磁铁矿矿石、磁铁矿化矽卡 岩磁性最强,磁化率平均值大于 220 000×4 π × 10⁻⁶ SI,其次是黄铜磁铁矿化矽卡岩、含铁石英 岩,磁化率平均值大于 14 000×4 π ×10⁻⁶ SI,第三 为肉红色似斑状二长花岗岩、辉长岩、安山岩、矽 卡岩,磁化率平均值在 1 000×4 π ×10⁻⁶ SI~3 000 ×4 π ×10⁻⁶ SI,其余不含磁性的岩石、矿石磁化率 值均小于 800×4 π ×10⁻⁶ SI。由此可见,磁铁矿、 含磁铁矿化岩石和含铁岩石磁化率极高,与其他不 含铁质岩石存在非常明显的磁性差异,具备良好的 磁法测量地球物理前提条件。

由表 3 可以看出, 黄铁矿化含碳角岩、黄铁矿 矿石、黄铁矿化闪锌矿矿石、碳质灰岩等含黄铁矿 和碳质的岩、矿石极化率平均值最高, 幅值大于 20%,最高达到了 31.60%,电阻率小于1 000 Ω•m;其次除含碳大理岩外,各类矿石和矿化类岩 石极化率幅值都大于5%,介于5%~20%,电阻率 幅值大部分介于1 000~10 000 Ω•m;而其余不含 矿化岩石极化率幅值均小于3%,电阻率幅值大部 分介于1 000~30 000 Ω•m,矿石、矿化类岩石和 含碳岩石均表现为低阻高极化特征,电物性存在明 显的差异,具备开展激电工作的前提条件。

4.2 卡而却卡矿区物探方法应用

2008 年在卡而却卡地区开展了 1:50 000 地面 高精度磁测扫面工作, M3-9 异常在 1:50 000 剖面 平面上只表现为一个较为独立的并不明显的异常 (图 2),与其周围的 M14、M15 异常相比,异常幅 值和范围都比较小,当时并未引起重视。



Fig. 2 1:50000 ground precision magnetic method sectional plan view of M3-9 abnormal area 1. △T正负异常; 2. 磁异常编号; 3. 异常范围

2009年,在该区开展了1:10 000地面高精度 磁法扫面, M3-9 异常显示更加清晰, 总体呈东西 向展布, 宽度约800 m, 长度约700 m, 平面上南 正北负,异常形态较为平缓, $\triangle T$ 极大值一般在 600 nT 左右, $\triangle T$ 极小值一般在 -200 nT。正异 常南西分布二长花岗岩体,初步推断异常可能为磁 铁矿(化)体引起(图3),并选择该异常区开展 了1:2 000 地面高精度磁法测量工作, M3-9 异常 形态更加突出。为提高布钻的准确性,在预布设钻 探的 552 线 700 点利用 1:2 000 地磁资料进行了 三维反演,结果如图4所示。同时,该测线上还开 展了激电中梯剖面工作,在150~190号测点之间 出现大于3%的视极化率异常,该异常段视电阻率 幅值较低,小于 600 Ω·m,表现为明显的低阻高 极化异常。根据这些工作结果施工了 ZK101 孔, 孔深 687.41 m, 孔中发现了磁铁矿化砂卡岩和磁 铁矿矿体,并发现铜锌矿化体。其中,磁铁矿矿体 一层视厚度 9.68 m,磁铁矿平均品位为 23.11%; 铜矿化体 4 层,视厚度 0.98~5.82 m, Cu 平均品 位为 0.22%~0.43%; 锌矿体 2 层, 视厚度 1.89~ 1.98 m, Zn 平均品位为 0.66%~3.83%(图 6)。

在 ZK101 孔见矿后,对钻孔岩心进行了磁物

性测定工作,测定结果显示磁铁矿化黄铜矿化矽卡 岩磁化率 (k) 平均值为 5 000×4 π ×10⁻⁶ SI,强磁 铁矿化矽卡岩磁化率 (k) 平均值为 28 726×4 π × 10⁻⁶ SI,磁铁矿矿石磁化率 (k) 平均值为 173 621 ×4 π ×10⁻⁶ SI,其他岩性磁化率 (k) 平均值一般 小于 100×4 π ×10⁻⁶ SI。

根据磁物性测定结果和钻孔资料对 1:2 000 地磁 552 线(1 号勘探线)剖面进行了正演模拟 (图 5),磁铁矿化体磁化强度设置为 2 480×10² A/m,围岩磁化强度设置为 116×10² A/m。由模拟 结果可以看出,曲线拟合误差较小,拟合度较高, 磁铁矿化体顶板埋深约 340 m,最大厚度约 25 m, 整体向北缓倾斜,倾角约 20°,向下延伸深度约 500 m,拟合出的磁铁矿化体大致形态反映了其空 间展布情况。根据二维正演拟合结果结合三维反演 和激电中梯资料,建议在 ZK101 孔的北部布设钻 孔开展验证工作,后经钻孔勘探在深部发现了厚大 铁多金属矿体(图 6),实现了找矿突破(张文权, 2012)。

根据钻孔施工成果来看(图3、图6),该磁异 常主要由磁铁矿化黄铜矿化砂卡岩、强磁铁矿化砂 卡岩、磁铁矿矿石引起,浅部叠加有安山岩、砂卡



图 3 1:1万高精度磁测剖面平面图

Fig. 3 The 1:10 000 precision magnetic determination sectional plan view
1. △T正负异常; 2. 磁异常编号; 3. 见矿厚度大于10m的钻孔位置及编号;
4. 见矿厚度小于10m的钻孔位置及编号; 5. 未见矿钻孔位置及编号



图 4 1:2000 地面高精度磁测 552 线 700 点三维反演图

Fig. 4 The three-dimension inversion Figure of 1:2000 ground precision magnetic determination of 552 line 700 point
1. △T异常区位置; 2. 预设磁性体模块; 3. 实测△T曲线; 4. 拟合△T曲线; 5. 三维反演模块; 6. 钻孔位置及编号





岩引起的弱磁异常。沿走向矿体延伸、厚度变化较 为稳定,且向深部延伸较大,具较大的找矿空间。 井中三分量测井显示,在矿(化)体部位各参数曲 线出现明显的跳动,说明在矿(化)体中含有磁性 矿物,视电阻率测井曲线在矿(化)体部位出现明 显的低阻异常,地层和岩体的普遍矿化引起视电阻 率曲线多处跳跃,指示出矿化程度的大小,所以根 据磁性参数和电性参数结合的方式可以研究目标体 的矿化程度,准确划分矿化区段、大致类型、岩性 接触界线等,并进行地球物理性质分类,圈定物性 层位。

为了从宏观上追索矿体,了解矿体空间赋存状态,也为了更深一步地了解工区的深部地质构造情况,在此剖面上还部署了 CSAMT 剖面工作,从 观测结果可见(图7),深部高程3800~4150 m、 550 m范围内存在一个明显的低阻异常区,由140 号测点近于水平一直向北延伸,至244号测点深度 逐渐变浅,在256号测点处出露地表。此异常区南 端在140~200号测点之间分为上下2个独立的低 阻异常。在上部异常与已发现的矿体相对应,低阻 异常中心幅值较底部异常更低。下部异常与上部异 常相互平行展布,异常幅值较上部异常高,2个异 常中心相距约300 m,ZK101孔和 ZK102孔终孔 于下部异常中,ZK102 孔在 700 m 处发现矿化。 整个异常区在 192~208、220~232 号测点之间出 现间断,显示出低阻异常并不连续的特点。由此可 见,利用 CSAMT 勘探深度的优点可以探测深部 低阻地质体的空间赋存状态,为研究工作区控矿地 质因素和深部勘查提供依据(张文权,2011)。

4.3 别里赛北 CZ11-6 磁异常区找矿方法应用

別里塞北铁矿是祁漫塔格地区较为典型的沉积 变质、热液叠加型铁矿,地表被第四系覆盖。通过 1:50 000 磁法和 1:10 000 磁法测量分析,认为 CZ11-6 异常为矿致异常,在 96 线施工了 ZK9601, 该孔未见矿,但在 291.16~298.42 m 见磁黄铁矿 黄铁矿化砂卡岩,TFe 的最高品位可达 16.15%。 通过测井,发现该孔在 220 m 左右存在旁侧磁异 常,根据矢量正反延交点在横纵剖面上的投影计算 出旁侧磁异常的位置和深度。依此推断分析认为 ZK9601 位置偏北,对 96 线进行正演计算 (图 8), 发现磁异常由 1 个磁性体引起,其磁化强度为 2 500×10⁻² A/m,顶板埋深约 40 m,最大厚度约 40 m,延伸长度约为 250 m,矿体倾角 85°。

根据井中三分量磁测井推断解释成果和二维正 反演结果,在96线ZK9601孔以南50m处布置施 工了ZK9602孔,该孔在134.29~143.14m见磁 铁矿矿体,矿体视厚度8.85m,真厚度4.42m, TFe的平均品位为33.99%。后沿走向在90、96、 104、112、120线布置钻孔,在深部均发现了矿 体,圈出了IV-M1磁铁矿体,矿体长850m,厚度 为5.82m,平均品位为33.60%,证实该异常为矿 致异常,实现了快速找矿突破,物探方法发挥了重 要作用。

5 结论与探讨

(1) 祁漫塔格地区成矿类型有早元古代与金水口岩群有关的沉积变质型铁矿、与早古生代滩间山群有关的喷流沉积型铁钴矿、与晚华力西一早燕山期岩浆岩有关的砂卡岩型-斑岩型-热液型系列多金属矿产。其中,主要以砂卡岩型系列矿床为主,其基本特征是与磁铁矿化有关,铁与多金属相伴产出,具备磁电方法找矿的前提条件。

(2)根据勘查生产实际,总结出该区主要矿床 类型——砂卡岩型铁多金属矿有效的勘查方法组



Fig. 6 The sectional view of M3-9 magnetic anomalies on the first exploration line in Kaerqueka's copper ore area
1. 残坡积层; 2. 大理岩; 3. 砂卡岩; 4. 透辉石透闪石砂卡岩; 5. 硅质岩; 6. 安山岩; 7. 二长花岗岩; 8. 花岗岩; 9. 闪长岩; 10. 磁铁矿矿石; 11. 磁黄铁矿化; 12. 黄铁矿化; 13. 黄铜矿化; 14. 闪锌矿化; 15. 褐铁矿化;
16. 高岭土化; 17. 绿泥石化; 18. 碳酸盐化; 19. 钻孔施工位置及编号; 20. 实测及推测地质界线; 21. 铁铜复合矿体; 22. 铁铜锌矿体; 23. 锌矿体; 24. 蚀变带; 25. 单工程平均品位/单工程矿体真厚度



图 7 M3-9 磁异常 1 号勘探线 CSAMT 反演剖面图

Fig. 7 The CSAMT inversion sectional view of M3-9 magnetic anomalies on the first exploration line



图 8 96 线磁异常正演剖面图

Fig. 8 Magnetic anomalies in the direct sectional view of 96 line

1. 实测△T曲线; 2. 拟合△T曲线; 3. 推测岩体模块;
 4. 推测磁铁矿模块; 5. 磁性体磁化强度(单位:×10⁻³ A/m)

合:1:50 000 磁法扫面确定找矿远景区
 →1:10 000高精度磁测缩小找矿靶区→1:2 000
 磁电剖面定位→钻探验证并控制矿体→井中物探确
 定矿体范围。实践证明组合找矿效果好。

(3)在具体勘查工作中,还存在一些值得探讨的问题。磁法找矿简便有效,方法比较成熟,关键 是结合地质背景进行二维、三维反演的精度问题。 电法手段对多金属找矿有效,但干扰因素多。例 如,碳质影响、永冻层的影响等,今后工作中还需 进一步加强研究,排除干扰因素,提高找矿效率。

祁漫塔格地区成矿条件有利,资源潜力大。根 据已发现主要成矿类型和成矿特征,结合勘查工作 实际情况,总结出的有效勘查方法组合,找矿效果 明显,为该区的找矿突破提供了技术支撑,也为该 区今后科学部署矿产勘查工作起到积极的指导 作用。

参考文献 (References):

- 张雪亭,杨生德,杨站军,等.青海省板块构造研究—— 1:100万青海省大地构造图说明书[M].北京:地质 出版社,2007.
- Zhang Xueting, Yang Shengde, Yang Zhanjun, et al. The research of plate tectonics in Qinghai Province-The 1: 1, 000, 000 tectonic map of Qinghai and its explanatory notes [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2007.
- 高晓峰,校培喜,谢从瑞,等.祁漫塔格地区构造-岩浆作 用与成矿[J].西北地质,2010,43(4):119-123.
- Gao XiaoFeng, Xiao Peixi, Xie Congrui, et al. Discussion on Tectonic-Magmatic Process and Mineralization in the Qimantage Region [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (4): 119-123.

潘彤,拜永山,孙丰月,等.青海省东昆仑地区有色、贵

金属矿产成矿系列与成矿预测 [M].北京:地质出版社,2011.

- Pan Tong, Bai Yong-shan, Sun Feng-yue, et al. Nonferrous metals, precious mineral metallogenic series and metallogenic prediction in East Kunlun area, Qinghai Province [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2011.
- 李文渊. 祁漫塔格找矿远景区地质组成及勘查潜力[J].西 北地质, 2010, 43 (4): 1-9.
- Li Wenyuan. Geological composition and exploration potential of Qimantage prospecting areas [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (4): 1-9.
- 丰成友,李东生,吴正寿.东昆仑祁漫塔格成矿带成矿类型、时空分布及多金属成矿作用[J].西北地质, 2010,43(4):10-17.
- Feng Chengyou, Li Dongsheng, Wu Zhengshou, et al. Genetic types, spatial and temporal distribution and polymetallic mineralization of Qimantage metallogenic belt in East Kunlun [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (4): 10-17.
- 丰成友,张德全,贾群之.柴达木周缘金属矿床成因类型、

成矿规律与成矿系列[J].西北地质,2012,45 (1): 1-8.

- Feng Chengyou, Zhang Dequan, Jia Qunzhi, et al. Genetic Types, Metallogenic Rules and Series of Metallic Depositsaround Qaidam Basin [J]. Northwestern Geology, 2012, 45 (1): 1-8.
- 张文权,张爱奎,孟军海,等.高精度磁测反演技术在沙 丘地区找矿中的应用[J].西北地质,2012,45 (1): 277-282.
- Zhang Wenquan, Zhang Aikui, Meng Junhai , et al. Application Inversion technology into Dune with High-Precision Magnetic Survey [J]. Northwestern Geology, 2012, 45 (1): 277-282.
- 张文权,白国龙,马金忠,等.CSAMT法在青海省虎头崖 多金属矿勘查中的应用[J].地质找矿论丛,2011,26 (4):453-457.
- Zhang Wenquan, Bai Guolong, Ma Jinzhong, et al. Application of CSAMT to exploration of Hutouya polymetallic deposit in Qinghai province [J]. Contributions To Geology And Mineral Resources Reserarch, 2011, 26 (4): 453-457.

《西北地质》平均引文率在陕西省排名第四

2013 年 11 月 27 日,在陕西科技期刊学术年会上,中国科学技术信息研究所(简称中信所)著名期 刊评价专家张玉华研究员针对陕西省期刊进行了具体统计研究。据最新统计数据显示,陕西省平均引文率 前十名的期刊《西北地质》榜上有名。《西北地质》平均引文率在陕西省 256 种期刊中排名第四。

科技论文引文也就是我们平常所说的参考文献。参考文献是科技论文的重要组成部分,它不仅能为作 者的论点提供有力的论据,而且也可以增加论文的信息量,表征了作者引用文献的广度和深度,具有很高 的信息研究和文献计量学研究价值。一般情况下,论文作者在其课题的选题论证、实验研究、以及总结和 书写论文的过程中,都要参阅和利用大量的科学文献,标注参考文献也反映了作者求实的科学学风、严谨 的工作态度,以及对学科的继承性和对他人劳动成果的尊重。

期刊的平均引文率是用期刊2年发表论文的总参考文献数除以期刊2年发表论文的总篇数得出来的 值,平均引文率的值也是衡量学术论文水平高低的一个重要参数之一。《西北地质》平均引文率能在陕西 省256种期刊中排名第四,说明《西北地质》刊登的科技论文水平较高,发表的论文的信息量大,便于科 技检索,达到了共享信息资源和推动科技进步的作用。