第 59 卷 第 1 期
2026 年（总 245 期）

西 北 地 质
NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 59 No. 1
2026(Sum245)



引文格式：李文忠，刘鹏，李延庆，等. 东昆仑它温查汉西地区铁铜铅锌金矿找矿进展及前景[J]. 西北地质，2026，59(1)：203−215. DOI：10.12401/j.nwg.2025034

Citation：LI Wenzhong，LIU Peng，LI Yanqing，et al. Progress and Prospecting Prospect of Iron Copper Lead Zinc Gold Deposit in the West of Tawenchahan Area，East Kunlun[J]. Northwestern Geology，2026，59(1)：203−215. DOI：10.12401/j.nwg.2025034

东昆仑它温查汉西地区铁铜铅锌金矿找矿进展及前景

李文忠[1,2]，刘鹏[1,2]，李延庆[1,2]，袁桂林[1,2,*]，姬丙艳[1,2]，王军[1,2]

（1. 青海省第四地质勘查院，青海 西宁 810001；2. 青海省页岩气资源重点实验室，青海 西宁 810001）

摘 要：近十年来，它温查汉西矿区经过连续勘查，在铁铜锌金多金属找矿中不断取得新进展，全区共圈定矿体91条，具有很好的找矿前景。笔者通过对它温查汉西矿区地质特征、矿床控制程度、矿床特征、矿石矿物特征等进行分析研究，运用区域成矿理论，总结本区铁铜锌金多金属矿的成矿规律。研究认为，本区C5、C11、C10异常主要为矽卡岩型矿床，矿种为铁铜锌金；C6异常主要为热液型矿床，矿种以铜金为主；C8异常出现的大片的低缓异常和高温钼元素，要考虑深部斑岩体的存在。结合矿区已有的成矿事实，建立了以斑岩型矿床（C8异常）–热液型矿床（C6异常）–矽卡岩型矿床（C5、C10、C11异常）为主的找矿模型。

关键词：铁铜锌金矿；找矿进展；找矿前景；它温查汉西

中图分类号：P612；P618.52　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1009-6248(2026)01-0203-13

Progress and Prospecting Prospect of Iron Copper Lead Zinc Gold Deposit in the West of Tawenchahan Area, East Kunlun

LI Wenzhong[1,2], LIU Peng[1,2], LI Yanqing[1,2], YUAN Guilin[1,2,*], JI Bingyan[1,2], WANG Jun[1,2]

（1. The Fourth Institute of Geology Exploration of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China；2. Key Laboratory of Shale Gas Resources in Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China）

Abstract：Over the past decade, the west Tawenchahan mining area has continuously made new progress in the exploration of iron, copper, zinc, and gold polymetallic deposits, a total of 91 ore bodies have been delineated, with a very good prospect for mineral exploration. This article analyzes and studies the geological characteristics, ore body control degree, ore body characteristics, and ore mineral characteristics of the West of Tawenchahan mining area. By applying regional metallogenic theory, it summarizes the ore-forming regularities of iron, copper, zinc, and gold polymetallic deposits in this area. It is believed that the anomalies C5, C11, and C10 are primarily associated with skarn-type ore deposits, with iron, copper, zinc, and gold as the main minerals. Anomaly C6 is mainly associated with hydrothermal ore deposits, with a focus on copper and gold. The exten-

收稿日期：2023-07-05；**修回日期**：2023-07-23；**责任编辑**：曹佰迪

基金项目：商业性联合勘查基金项目“青海省格尔木市那陵格勒河下游它温查汉西矿区C5异常区铁多金属矿补充详查”（XBKY23039），青海省地质矿产勘查开发局“东昆仑中段地球化学异常系列研究与靶区优选项目”联合资助。

作者简介：李文忠（1988−），男，高级工程师，长期从事矿产勘查及研究工作。E−mail：350693881@qq.com。

*通讯作者：袁桂林（1983−），女，工程师，长期从事矿产勘查及研究工作。E−mail：170517638@qq.com。

© Editorial Office of *Northwestern Geology*. OA under CC BY-NC-ND

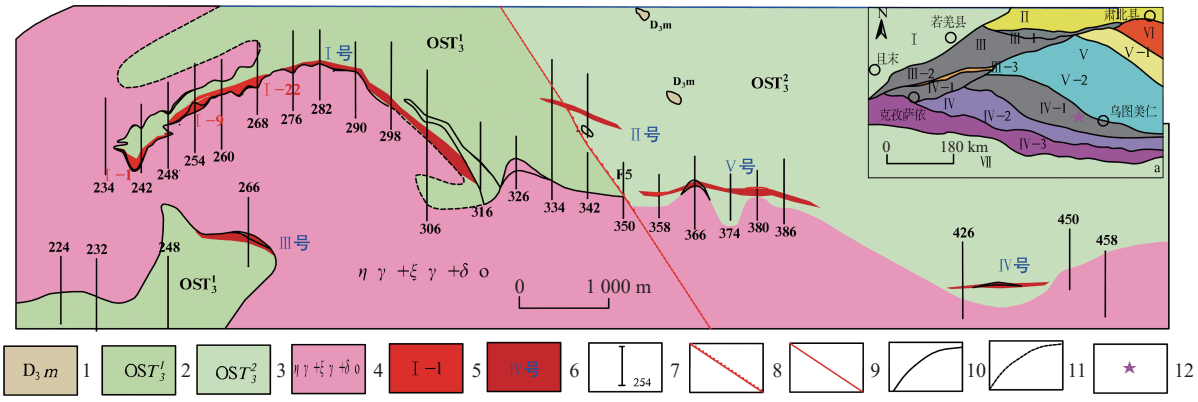
sive low-amplitude anomaly and high-temperature molybdenum element associated with anomaly C8 suggest the presence of deep-seated granitic intrusions. Combining the existing ore-forming facts in the mining area, a mineral exploration model is established, with a focus on C8 anomaly-related granitic-type ore deposits, C6 anomaly-related hydrothermal ore deposits, and C5, C10, C11 anomaly-related skarn-type ore deposits.

Keywords：Fe-Cu-Zn-Au deposit；prospecting progress；prospecting prospect；west Tawenchahan

它温查汉矿区地处祁漫塔格山东段，与柴达木盆地相邻，属干旱沙漠区。矿区海拔高度 3 006～3 119 m，相对高差 113 m，地形总体较平缓，绝大部分被活动沙丘所覆盖。通过对 2009～2021 年间施工的 233 个钻孔数据的统计结果看，区内第四系现代沙丘厚 20～280 m，覆盖层平均厚度为 172 m，广厚的沙漠覆盖对地质找矿带来了一定的困难。2009 年开始，青海省第四地质勘查院通过开展 1∶10 000 地面高精度磁法测量 100 km^2，圈定了 11 处地磁异常，编号为 C1-C11（曹德智等，2012，2014；杨涛等，2017a），同年对 C5、C6 磁异常进行了钻探深部验证，共施工 4 个钻孔其中 3 个孔内发现磁铁矿体。

笔者自 2010 年开始，便一直参与它温查汉矿区的地质找矿工作，经历了 2010 年预查、2011 年普查、2012～2020 年详查，到如今“探转采”准备矿山建设的全过程。该矿区位于东昆仑造山带西段祁漫塔格地区（图 1），属于祁漫塔格–都兰华力西期成矿带。该区成矿地质条件优越（丰成友等，2010，2011；李东生等，2013；张爱奎等，2016，2021；王秉璋等，2021；王新雨等，2023），矿产资源丰富，是青海省重要的矿产资源基地。20 世纪 50 年代便开始了基础地质工作，1954 年在柴达木盆地进行的 1∶50 万重磁普查工作，了解盆地基地深度及盆地构造变化情况；1978 年开展了 1∶20 万区域地质调查工作，较系统地总结了区内地层、构造、岩浆岩及矿产等资料；1990 年开展了青海省东昆仑中酸性侵入岩与成矿研究，对区域中酸性侵入岩与成矿作用、成矿规律及成矿远景进行了初步总结；2001 年开展了青海–新疆东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向的综合研究，认为祁漫塔格地区具有多期成矿作用叠加、多组分叠生矿床集中产出的成矿特征（张晓飞，2012）。这些基础研究工作，为本项目的实施提供了依据。

杨涛等（2017b，2018）通过对本区矿床地质特征、控矿因素的研究，提出了找矿方向，但只是反映了它温查汉西矿区 C5 异常区的总体情况，不足以代表矿区的真实情况，公开发表的本区资源量数据也是不准确，利用的是项目未经审核也未上表的前期成果。笔者通过十多年的勘查与研究，对该矿区的地质背景、



1.晚泥盆世牦牛山组；2.早古生代滩间山群碳酸盐岩组大理岩夹结晶灰岩段；3.早古生代滩间山群碳酸盐岩组结晶灰岩夹大理岩段；4.印支期侵入岩；5.矿体位置及编号；6.矿段主矿体位置及编号；7.勘探线位置及编号；8.实测性质不明断层；9.推测性质不明断层；10.实测地质界限；11.推测地质界限；12.研究区位置；Ⅰ.塔里木陆块；Ⅱ.阿北–敦煌地块；Ⅲ.阿尔金山造山带；Ⅲ-1.红柳沟–拉配泉蛇绿混杂岩带；Ⅲ-2.阿中地块；Ⅲ-3.阿帕–茫崖构造混杂岩带；Ⅳ.昆仑造山带；Ⅳ-1.北昆仑（祁漫塔格）岩浆弧带；Ⅳ-2.中昆仑微地块；Ⅳ-3.南昆仑早古生代增生杂岩带；Ⅴ.柴达木陆块；Ⅴ-1.柴达木盆地北缘；Ⅴ-2.柴达木盆地；Ⅵ.祁连造山带；Ⅶ.巴颜喀拉地块

图1 它温查汉西矿区基岩推断图

Fig. 1 Bedrock inference map of in C5 magnetic anomaly area of the west of Tawenchahan Mining area

矿床特征和矿石特征进行了系统分析, 总结了出本区最新的找矿进展, 提出本区的找矿模型, 以期真实地反映本矿区的情况, 也为下步找矿拓宽思路, 为矿山深部勘查及外围找矿提供建议。

1　地质概况

1.1　地层

矿区为大面积第四纪沙丘覆盖, 钻孔穿越 20～250 m 风成砂后可见基岩, 地表零星出露的地层主要是晚泥盆世牦牛山组(D_3m), 分布在北部及东部一带。奥陶纪—志留纪滩间山群碳酸盐岩组(OST_3)分布广泛, 主要集中在南、北两个区, 其间被印支期二长花岗岩侵蚀隔断。

碳酸盐岩组(OST_3)根据岩性组合, 又分为结晶灰岩夹大理岩段(OST_3^2)与大理岩夹结晶灰岩段(OST_3^1)。北部酸盐岩组西起 234 线至 238 线之间, 向东经 C5、C6、C10、C8 异常区延伸至矿区外(图 1、图 2), 西部 C5 异常 238 线厚度约为 22 m, 东部至 462 线厚度可达 400 m, 该套地层整体上西边较薄, 至 238 线以西逐渐尖灭, 向东逐渐变厚变宽; 南区酸盐岩组主要分布于 224 线以西至 274 线以东(C11), 向东被印支期二长花岗岩侵入, 向南延伸出矿区。从各异常钻孔揭露来看, C5 异常以灰白色、灰绿色大理岩为主, 厚度达百余米, 局部碎裂状, 是铁多金属矿体的顶板岩层, 局部是岩金矿体的底板围岩; C6 异常上部浅灰色大理岩与结晶灰岩呈互层状, 局部受构造裂隙及破碎带的影响, 大理岩具有一定的氧化, 呈紫红色大理岩, 该异常大理岩块层状, 细层理不明显, 具硅化、矽卡岩化等蚀变; C8、C10 异常结晶灰岩为主夹石英粉砂岩、板岩、硅质岩。

1.2　构造

矿区基本为第四系现代沙丘和砂砾石覆盖, 奥陶纪—志留纪滩间山群碳酸盐岩组(OST_3)褶皱构造轮廓不清, 从钻孔揭露情况看, 该地层走向为 NW–SE 向推测为一向 NE 倾斜的单斜构造。碳酸盐岩组断裂构造不甚发育, 主要为层间断层。其中 F5 断裂规模最大, 为 OST_3^2 与 OST_3^1 的界限。另外, 部分钻孔中控制到层间破碎带较多, 宽为 0.5～8 m 不等, 主要表现为岩石脆性变形, 以碎裂岩为主, 构造角砾岩和断层泥次之。水对滩间山群碳酸岩组中可溶性岩石的破坏和改造作用形成了岩溶洞, 其大小、发育程度与断裂构造有一定的联系, 部分岩溶洞中存在岩溶水, 250 线及 258 线上的岩溶洞在矿层中, 矿体遭到破坏。总之, 矿区构造复杂。

1.3　岩浆岩

矿区广泛分布侵入岩, 总体自东向西侵入, 据钻孔资料, 侵入岩分布面积占区内面积的 1/2 以上。岩石类型主要有二长花岗岩、钾长花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、闪长岩等。花岗闪长岩 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄为(236.0±2.3) Ma, 二长花岗岩 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素年龄为(229.9±2) Ma (杨涛, 2017)。从岩体穿插关系, 结合岩石测年结果, 属于晚三叠世, 由早到晚分别为石英闪长岩体→花岗闪长岩体→二长花岗岩体→钾长花岗岩。石英闪长岩和花岗闪长岩具有低 Si, 高 Na, Na_2O 含量大于 K_2O 含量, A/CNK 值、分异程度以及 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值较低, 负铕异常不明显, P、Ti 强烈亏损, 高场强元素 Nb、Zr 弱亏损的特征(张爱奎, 2016)。岩石成因系列属于 I 型花岗岩。岩浆形成于中下地壳局部熔融, 源区具有幔源物质和俯冲物质的烙印, 岩石很好地记录了壳幔物质相互作用的过程。二长花岗岩具有高 Si, 高 K, K_2O 含量大于 Na_2O 含量, A/CNK 值、分异程度以及 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值较高, 负铕异常明显的特征。岩石成因系列属 S 型花岗岩, 形成于上地壳的局部熔融(张爱奎等, 2010, 2012; 丰成友等, 2012)。

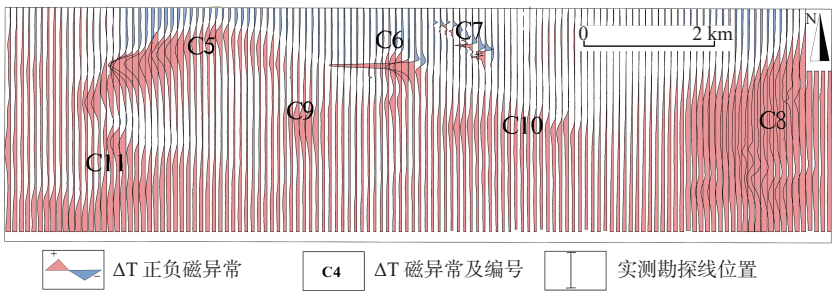


图2　它温查汉西矿区 1∶1 万地面高精度磁法测量(ΔT)剖面平面图

Fig. 2　Profile map of 1∶1 million high-accuracy ground magnetic survey (ΔT) in the west of Tawenchahan Mining area

1.4 变质岩

变质岩以区域及接触变质岩为主，动力变质岩不显著。其中区域变质岩为大理岩、石英片岩等，动力变质岩为碎裂岩和破碎带为主。总体来看，滩间山群变质岩岩层基本层序较为清楚，原岩组构保留较好，是强应力变形、较低温压条件下的区域低温动力变质作用形成的变质岩系。在中酸性侵入体外接触带滩间山群大理岩、泥硅质岩、结晶灰岩以及含有碳酸盐岩构造透镜体的构造破碎带中发生交代蚀变，蚀变方式以接触渗滤蚀变作用为主，扩散作用为次，形成矿区两大接触变质岩类：矽卡岩和角岩，其中矽卡岩也是主要的赋矿层位。

1.5 1∶1 万高精度磁法测量特征

它温查汉西矿区均为盲矿体，由于基岩不出露，地表无法开展有效的地质调查，而 1∶1 万高精度测法测量是本区为数不多且指导意义较好的方法之一，为了系统性地部署深部钻探验证，对全区开展了 1∶1 万高精度磁法测量扫描工作。共配备有 WCZ-1 质子磁力仪 13 台，在野外测量之前，对所使用仪器进行了一致性、噪声水平的测定，设计要求一致性和噪声水平的均方误差小于 2 nT，其测定结果符合质量要求（表 1、表 2）。

表 1 WCZ-1 质子磁力仪仪器一致性测定均方误差统计表

Tab. 1 Statistical table of mean square error for instrument consistency determination of WCZ-1 proton magnetometer

仪器编号	106	319	110	204	203	309	314	302	322	312
均方误差±（nT）	0.78	1.42	0.89	1.02	1.10	1.13	0.93	0.95	0.74	1.97
总均方误差	±1.36 nT									

表 2 WCZ-1 质子磁力仪噪声水平测定均方误差统计表

Tab. 2 Statistical table of mean square error in noise level measurement of WCZ-1 proton magnetometer

仪器编号	309	106	203	204	302	305	312	314	319	322
均方误差±（nT）	0.28	0.16	0.39	0.11	0.13	0.52	0.26	0.64	0.28	0.41

按规范要求，在测区内选择了基点（基点坐标：X=4 100 758, Y=16 494 266, Z=2 870），并进行了 24 h 日变观测，确定了该测区基点 T0 值为 53 631.1 nT。对野外所采集的原始观测数据进行高度改正、梯度改正、T0 值改正和日变改正，测点正常场利用国际地磁参考场 IGRF2005.0 模型给出的高斯系数计算求得。完成磁测面积 100 km^2（线距 100 m、点距 20 m），合剖面 1 015 km。共测有效物理点 91 983 个，质量检查点 1 780 个，质检率为 3.5%（设计要求质检率大于 3.0%），平均相对误差为 3.2%（设计要求小于 10%）。测区总计丢点 67 个，丢点率为 0.07%，测区内没有一处面积性的丢点。在进行解释之前，对ΔT 异常数据利用 Oasis montaj 软件进行了化极、垂向求导、向上延拓等处理，化极异常与原ΔT 异常形态基本相同，异常位置一般向北移动数百米不等的距离，异常更加清晰直观。求导处理突出了高频信息，线型构造、梯度变化大的磁异常反映更加明显，向上延拓结果主要反映了不同深度的磁异常特征。共圈出大小磁异常 11 处，其中矿区内主要分布有 7 处（图 2），通过对 C5、C6、C8、C10、C11 等异常进行深部验证，在深部均圈出了工业矿体，表明磁异常指导找矿效果明显。

2 矿床控制程度及矿体特征

它温查汉西矿区地表被广厚的第四系风积沙覆盖，基岩露头极少，矿体的分布、规模、产状等特征均以钻孔控制为主。本区以磁铁矿为主，磁异常能有效指示区内找矿工作。通过本次勘查，圈定 5 个矿段，编号为Ⅰ～Ⅴ，分别与 C5、C6、C11、C8、C10 异常对应。

2.1 矿床控制程度

矿体控制最深为 755 m，控制标高最低 2 330 m，证实了矿体以条带状、透镜状为主的矽卡岩型铁多金属矿体。在 C5 异常区 238～282 线布置 24 条勘探线，以 100 m×50 m 间距控制了控制的资源量，282～318 线布置了 9 条勘探线，以 200 m×100 m 间距控制了推断的资源量。针对 C5 异常共施工了 165 个钻孔，其中 102 个孔见矿，共圈定 47 条矿体，其中以Ⅰ-1、Ⅰ-9、Ⅰ-11 号矿体规模最大。

C6 异常规模小、峰值高，目前以 200 m 间距布置 4 条勘探线 12 个孔以 200 m×100 m 间距控制了推断的资源量，其中 9 个钻孔见矿，圈定矿体 21 条。矿体赋存于大理岩、结晶灰岩及角岩中，部分钻孔最深施

工至 900 m 仍未能见到底部花岗岩体。

C8 异常主要在异常北东部、南侧两处进行了重点验证找矿。在北东部 460 和 462 线各布置 4 个孔，约钻孔穿过 80～100 m 后可见滩间山群基岩，约 200～300 m 以下为华力西期石英闪长岩、花岗闪长岩等; 在其南侧以 400～800 m 间距布置 426 线、434、450、458 线，施工了 8 个钻孔，仅开展了少量钻探工作进行追索控制，网度大于 200 m×100 m。C8 异常共施工钻孔中，其中 3 个孔见矿，圈定矿体 5 条。工作程度非常低。

C10 异常工作程度低，勘探线间距以 300～400 m 为主，部分地区甚至达到 600 m，前期布设了 7 条勘探线，共施工 13 个钻孔，其中 6 个孔见矿，共圈定 13 条矿体。

C11 异常工作程度低，前期共布设了 6 条勘探线，间距为 400～800 m，共施工了 12 个钻孔，其中 3 个孔见矿，圈定矿体 5 条，网度大于 200 m×100 m，工作程度非常低。

2.2　矿体特征

矿区初步圈定铁多金属矿体 91 条，其中Ⅰ号矿段 47 条、Ⅱ号矿段 21 条、Ⅲ号矿段 5 条、Ⅳ号矿段 5 条、Ⅴ号矿段 13 条。下面对Ⅰ-1、Ⅰ-9、Ⅰ-11 3 条主矿体的特征进行叙述:

2.2.1　Ⅰ-1 矿体特征

Ⅰ-1 矿体由 6 条勘探线(238～248 线)18 个钻孔(ZK23801、ZK23804、ZK24005、ZK24004、ZK24003、ZK24001、ZK24203、ZK24201、ZK24404、ZK24407、ZK24405、ZK24402、ZK24401、ZK24403、ZK24605、ZK24604、ZK24606、ZK24807)控制。顶板为大理岩，底板为二长花岗岩，属矽卡岩型多金属矿体。围岩蚀变主要为矽卡岩化、透闪石化、绿帘石化、蛇纹石化等。矿体呈条带状产出，受二长花岗岩与滩间山群碳酸岩组接触带控制，倾向 140°～330°，倾角 0～56°。矿体沿走向 238～240 线膨胀至 242 线缩小，242～246 线膨胀并尖灭在 248～250 线之间。在 248～270 线为该矿段的主要富集段，东西两端规模不大，238～248 勘探线矿体无夹石较完整。其中，西端 ZK23801 和东端 ZK24807 钻孔穿过风成沙后见到矿体，矿体有一定的氧化剥蚀，中间赋存矿体在 240、244、246 勘探线倾向产状变化较大，断面上呈“凹兜”状产出(图 3、图 4、图 5)。

Ⅰ-1 矿体长度约为 600 m，控制斜深为 48.40～331.19 m，赋矿标高为 2 719.46～2 891.31 m，埋深为 196～355 m。厚度为 3.97～31.74 m，平均厚度为 12.61 m，厚度变化系数为 59.38%，属厚度较稳定型。矿体总体以铁铜锌金矿种为主，矿体最大厚度出现在 244 线，铁铜锌厚度变化不大且在 238～246 线间相互共生，在 248 线铜锌尖灭。矿体 mFe 平均品位为 31.41×10^{-2}，品位变化系数为 53.21%; Cu 平均品位为 0.47×10^{-2}，品位变化系数为 74.83%; Zn 平均品位为 1.05×10^{-2}，品位变化系数为 147.57%; Au 平均品位为 1.42×10^{-6}，品位变化系数为 127.24%。铁铜品位分布较为均匀，且相互共生。锌金品位分布不均匀，品位变化系数大，锌金在 238～244 线之间表现为正相关性，锌高则金高。

2.2.2　Ⅰ-9 矿体特征

Ⅰ-9 矿体由 5 条勘探线(248～256 线)21 个钻孔(ZK24806、ZK25009、ZK25006、ZK25007、ZK25005、ZK25008、ZK25202、ZK25201、ZK25203、ZK25204、ZK25405、ZK25401、ZK25406、ZK002、ZK25407、ZK25402、ZK25601、ZK25602、ZK25603、ZK25604、ZK25608)控制，为矽卡岩型。呈条带状产出，倾向 158°～348°，倾角 0～60°，沿走向和倾向具膨胀缩小现象。矿体西端规模不大，由西向东逐步增大(250、252、254、256 勘探线)，埋深逐渐增加，最大埋深出现在 256 勘探线。矿体整体形态向北倾，南浅部厚大北深部相对变薄，但在 250 线北部变厚。矿体中在 252～254 线出现夹石，夹石厚度为 4.94～20.75 m，248～256 线南部矿体埋深较浅，在 ZK25405 和 ZK25604 钻孔穿过风成沙后见到矿体，矿体有一定的氧化剥蚀(图 6、图 7)。

Ⅰ-9 矿体长度约为 500 m，控制斜深为 42.08～283.82 m，赋矿标高为 2 743.31～2 900.49 m，埋深为 180～364 m。厚度为 4.95～65.85 m，平均厚度为 19.57 m，厚度变化系数为 75.13%，属厚度较稳定型。矿体总体以铁铜锌金矿种为主，矿体最大厚度出现在 250 线，沿走向矿体厚度变化较为稳定，铜总体较为稳定，铁在 248 线尖灭，金、锌沿走向不稳定，铁铜锌金总体表现为相互共生，且厚度较大。矿体 mFe 平均品位为 34.08×10^{-2}，品位变化系数为 61.16%; Cu 平均品位为 0.68×10^{-2}，品位变化系数为 94.67%; Zn 平均品位为 1.88×10^{-2}，品位变化系数为 199.96%; Au 平均品位为 1.87×10^{-6}，品位变化系数为 195.08%。锌金品位分布不均匀，品位变化大。铁铜整体表现为正相关性，铁高则铜高。

2.2.3　Ⅰ-11 矿体特征

Ⅰ-11 矿体由 10 条勘探线(252-270 线)23 个钻孔

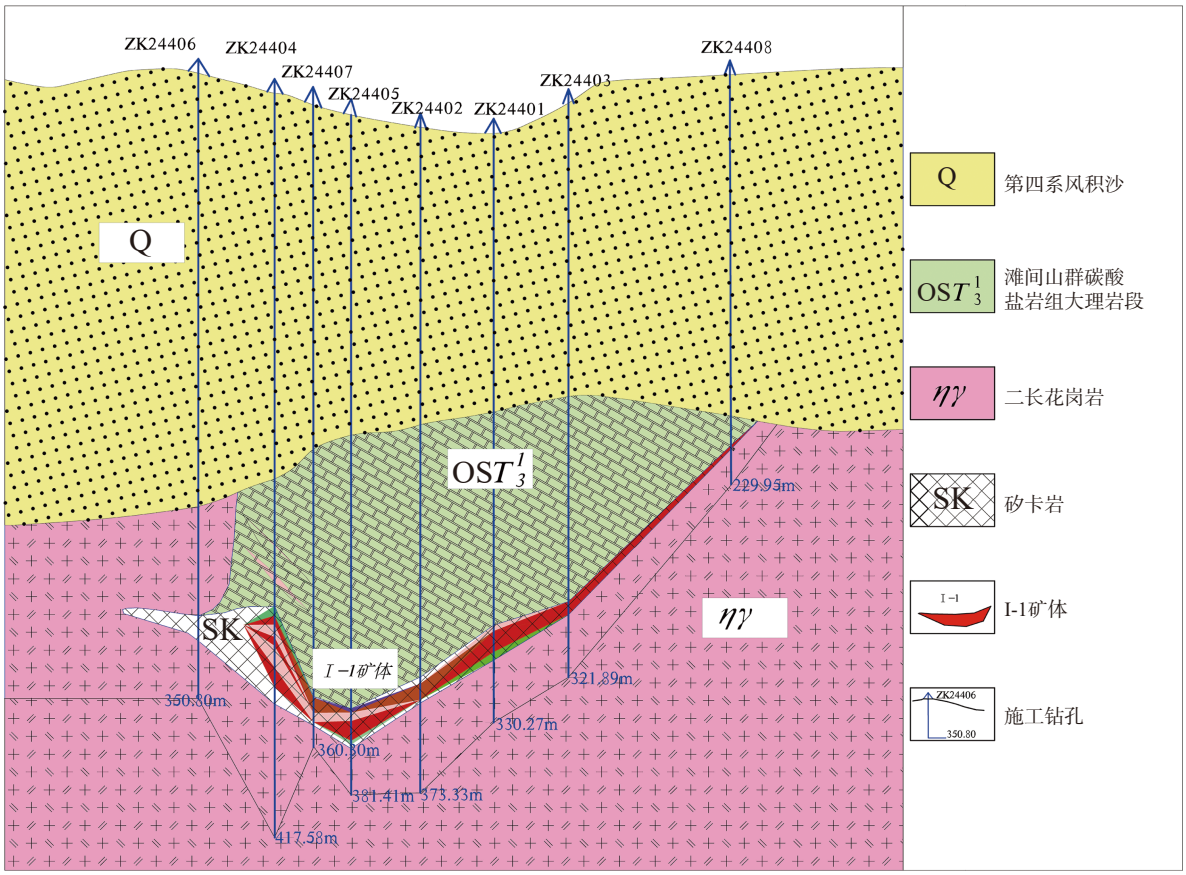


图3 244 勘探线剖面图

Fig. 3 Exploratory profile of No.244 line

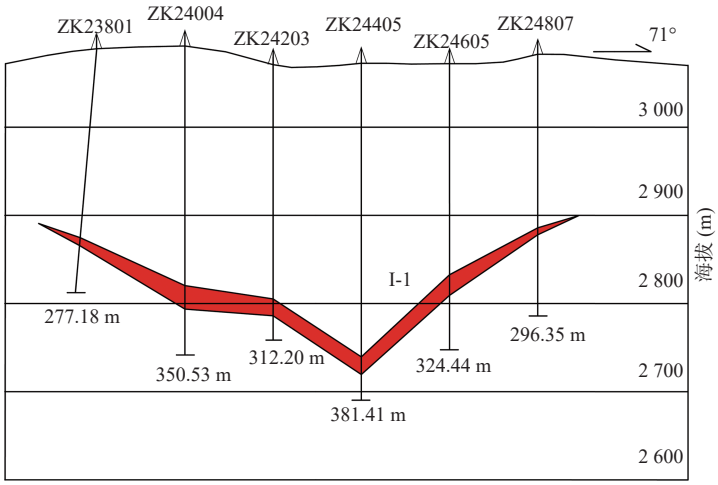


图4 I-1 矿体纵剖面图

Fig. 4 Longitudinal plan of I-1 ore body

(ZK25205、ZK25402、ZK25408、ZK25603、ZK25606、ZK25801、ZK25805、ZK25803、ZK26002、ZK26001、ZK26003、ZK26202、ZK26206、ZK26402、ZK26609、ZK26606、ZK26602、ZK26607、ZK26601、ZK26802、ZK26801、ZK27002、ZK27005)控制。赋矿岩石为矽卡岩,受二长花岗岩与滩间山群碳酸岩组接触带控制,顶板多为矽卡岩,次为二长花岗岩和大理岩,底板多为二长花岗岩,次为矽卡岩。矿体呈条带状产出,倾向 168°～355°,倾角 0～60°,沿走向和倾向具膨胀缩小现象。矿体西端规模较大,最大埋深出现在 256 勘

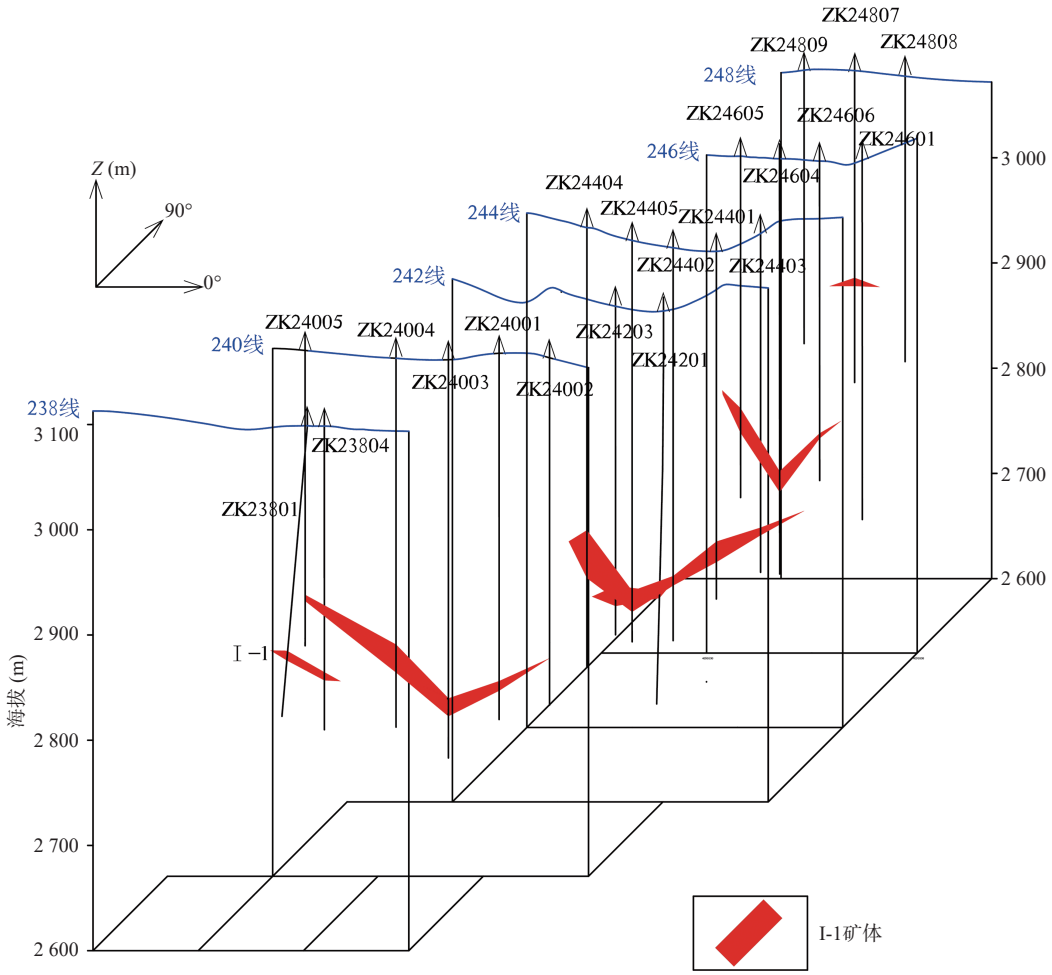


图5　Ⅰ-1 矿体空间形态剖面对比示意图

Fig. 5　Comparison diagram of spatial distribution of orebody of I-1 ore body

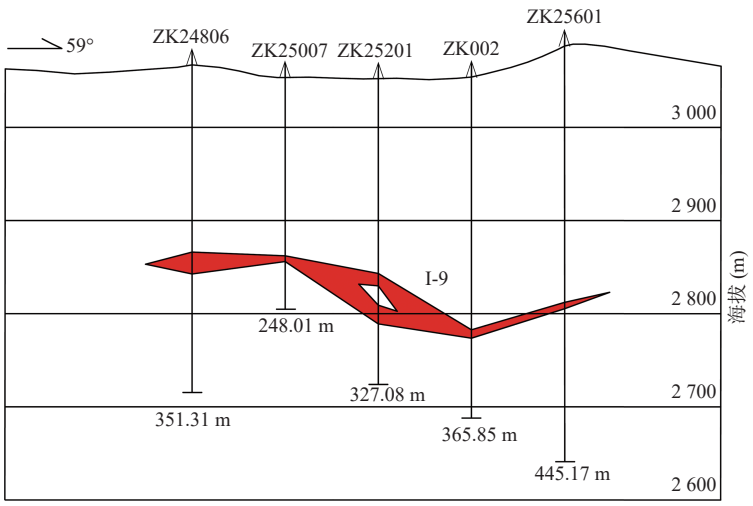


图6　Ⅰ-9 矿体纵剖面图

Fig. 6　Longitudinal plan of I-9 ore body

探线, 矿体产状变化较大, 其倾角为 3°~69°, 呈条带状分布。矿体呈“凹兜”状产出, 赋存在“凹兜”最底部, 由西向东矿体规模逐步变小, 矿体完整且厚度较大地段分布在 256-264 勘探线之间, 256-262 勘探线上

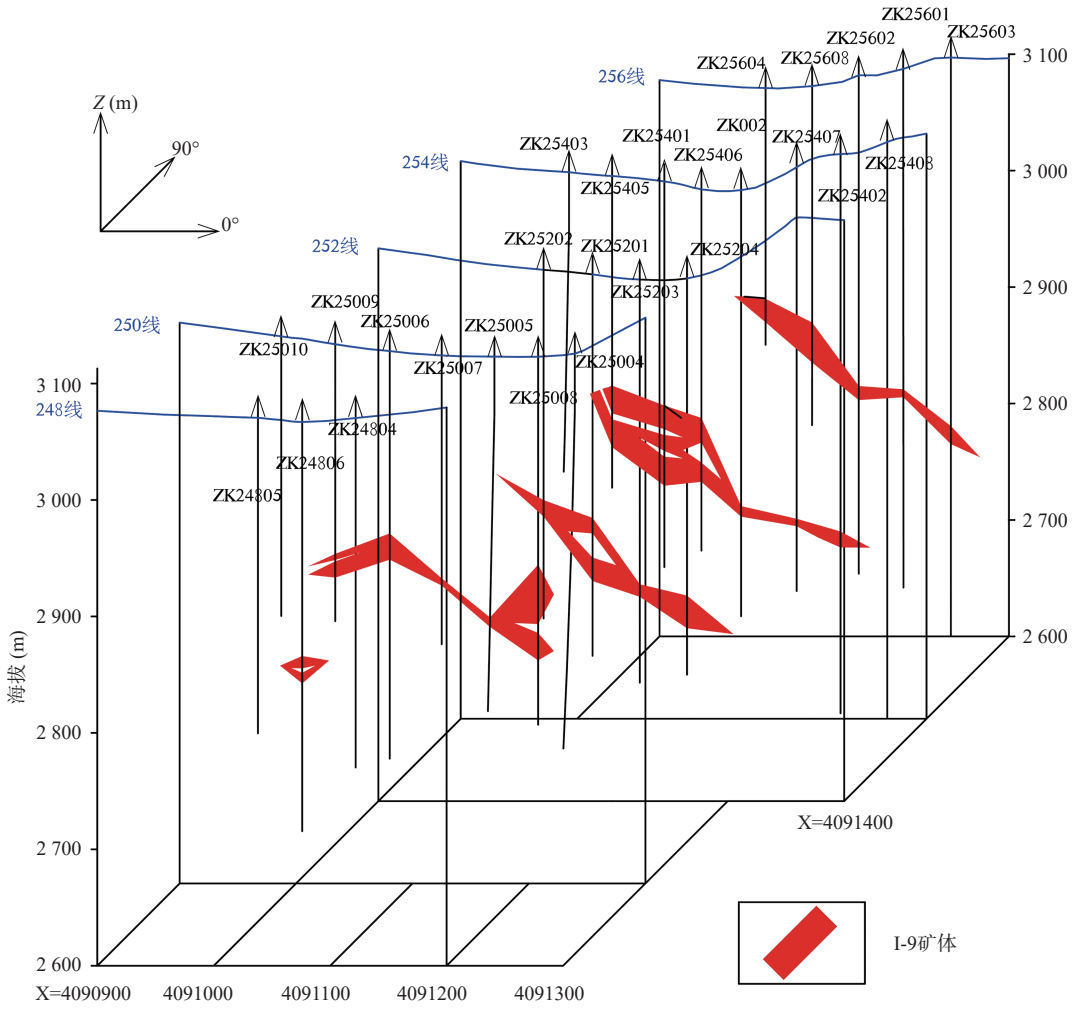


图7 Ⅰ-9 矿体空间形态剖面对比示意图

Fig. 7 Comparison diagram of spatial distribution of orebody of I-9 ore body

矿体厚度较大形态相似，264 勘探线以东矿体规模变小且出现分叉。夹石出现在 252-254 线和 260-262 线，厚约为 3～16 m(图 8、图 9)。

Ⅰ-11 矿体长度约为 1 000 m，控制斜深为 60.89～254.44 m，赋矿标高为 2 591.71～2 835.96 m，埋深为 228～495 m。厚度为 1.72～65.35 m，平均厚度为 17.21 m，厚度变化系数为 103.19%，属厚度不稳定型。矿体总体以铁铜锌金矿种为主，最大厚度出现在 252 线，为 65.35 m，沿走向矿体厚度变化大，总体西段厚度大，往东变薄。铁铜厚度变化表现为正相关性，其他矿种相关性不明显。矿体 mFe 平均品位为 28.85×10^{-2}，品位变化系数为 58.16%；Cu 平均品位为 0.38×10^{-2}，品位变化系数为 60.20%；Zn 平均品位为 1.63×10^{-2}，品位变化系数为 223.45%；Au 平均品位为 1.45×10^{-6}，品位变化系数为 171.05%。铁分布较为均匀，铜分布很均匀，锌分布不均匀品位变化较大，金仅在 262 线出现，矿体厚度与品位关系不明显。

3 矿石矿物成分

Ⅰ矿段矿体系矽卡岩型磁铁矿黄铜矿闪锌矿型多金属矿体；而Ⅱ矿段矿体则是气液交代或充填的岩脉型矿体(石英脉、闪长玢岩脉、辉绿岩脉)和矽卡岩型矿体；Ⅲ、Ⅴ矿段矿体以矽卡岩型矿体为主；Ⅳ矿段矿体较为复杂，具有矽卡岩型和岩浆岩型的特点，深部有斑岩型找矿的前景。

Ⅰ号矿段位于 C5 异常区，主要为磁铁矿(大于 45%)、闪锌矿(小于 8%)、黄铜矿(小于 6%)。脉石矿物有透辉石、斜绿泥石、蛇纹石、绿帘石、透闪石、方解石等。典型的黄铜矿矿石主要的金属矿物为黄铜矿、黄铁矿和脉石，其中黄铜矿约占 4%，黄铁矿约占 1%～5%，脉石矿物约占 90%～95%。其他为与磁铁矿

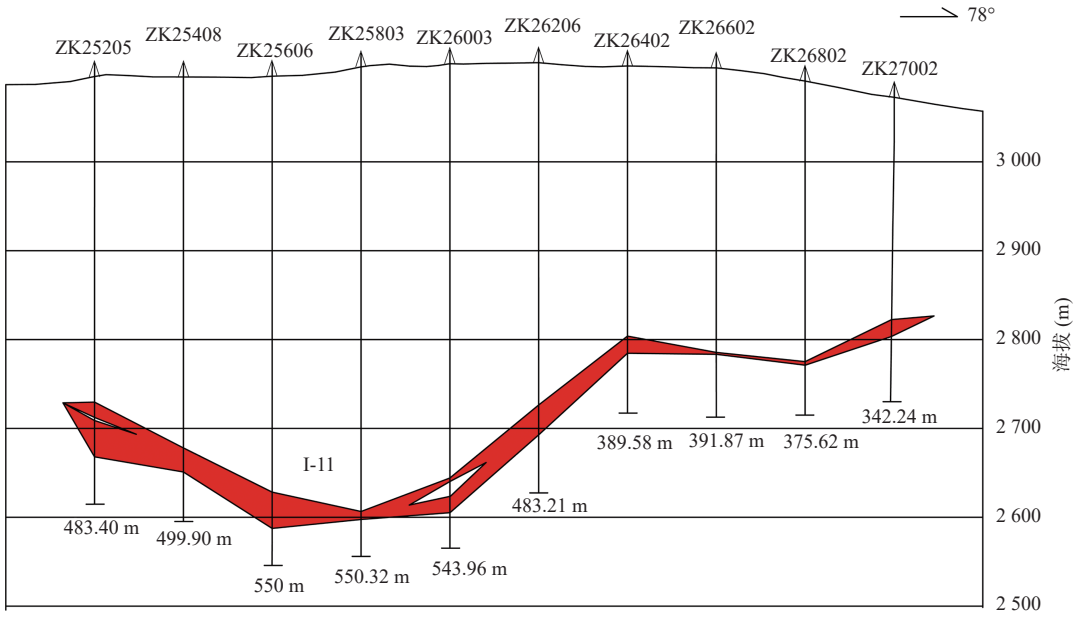


图8　Ⅰ-11 矿体纵剖面图

Fig. 8　Longitudinal plan of I-11 ore body

和闪锌矿共生的矿石(图 10、图 11)。

Ⅱ矿段位于 C6 异常区,以褐铁矿、赤铁矿及磁铁矿为主,含量 20%～75% 不等,其次也有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等,含量 0.5%～5% 不等。Ⅱ矿段中,磁铁矿主要见于 ZK33801、ZK33802 孔的矽卡岩以及 ZK004 孔的蛇纹石化绿帘石化辉绿岩脉内,磁铁矿含量约为 20%～35%。脉石矿物有辉石、斜长石、角闪石、蛇纹石、绿帘石等。黄铜矿化主要呈细脉状分布,与热液活动相关。

Ⅲ矿段 C11 异常区,磁铁矿化主要见于 ZK25001 孔与 ZK25002 孔的矽卡岩内,主要为磁铁矿,见少量黄铁矿、黄铜矿等,主要的脉石矿物为透辉石、斜长石、角闪石、蛇纹石、绿帘石等。

Ⅳ矿段位于 C8 异常区,主要为磁铁矿及闪锌矿,脉石矿物为透辉石、斜绿泥石、斜长石、角闪石、蛇纹石、绿帘石等,其中闪长岩中也具有弱磁性。

Ⅴ矿段位于 C10 异常区,ZK35802 孔、ZK37401 孔、ZK36601 孔的矽卡岩及矽卡岩化结晶灰岩内见矿,以磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿为主,脉石矿物为透辉石、斜长石、堇青石、蛇纹石、绿帘石、方解石等。

4　找矿前景分析

(1) C5 异常通过详查工作,已知矿体在走向上较为稳定,矿体规模大,品位也较富。从趋势上看,C5、C6 异常矿体很可能具连续性,且前期已发现了较具规模的工业矿体。因此,有必要进一步开展地质工作。326 线位于 C5 磁异常西端与 C6 磁异常结合部位转折端,其相邻的勘探线均见到铁多金属矿(化)体,以 326 线作为 C5、C6 异常连接处的验证勘探线,意义重大。

(2)在 C6 异常,发现了较富的赤铁矿磁铁矿型的矿石类型,矿石自然类型有了新的拓展,矿种以铜、金为主,且 C6 异常未揭露到岩体与地层的接触带,目前赋矿位置还处于滩间山碳酸盐组碎屑岩段地层内部,成矿条件最好的接触带还未进行控制,找矿空间大。在 C6 磁异常区 338 线 ZK33801 孔控制了厚大(厚度 19.71 m)的铁矿体,矿体往西走向上相邻勘探线没有工程控制,需进一步控制。

(3)C8 磁异常区,发现了具规模品位较富的铁多金属矿体,且 C8 异常规模较大,已有钻孔揭露的小规模矿化体难以解释磁异常引起的原因,还需要进一步工作探索。在 C8 异常斜绿泥石岩中见铁、铜、锌矿体,说明铁多金属矿成矿类型多样,矿石类型丰富,拓展了本区找矿方向和思路。C8 磁异常分为南北两个子异常,中部岩体埋深较浅地段,磁异常相对较高,两端岩体埋深较深地段磁异常变弱,从反演推断解释图上来看,异常与岩体有关,南部磁异常与南部岩体的往上入侵活动关系密切。

(4)C10 异常新发现了具规模品位较富的铁铜锌

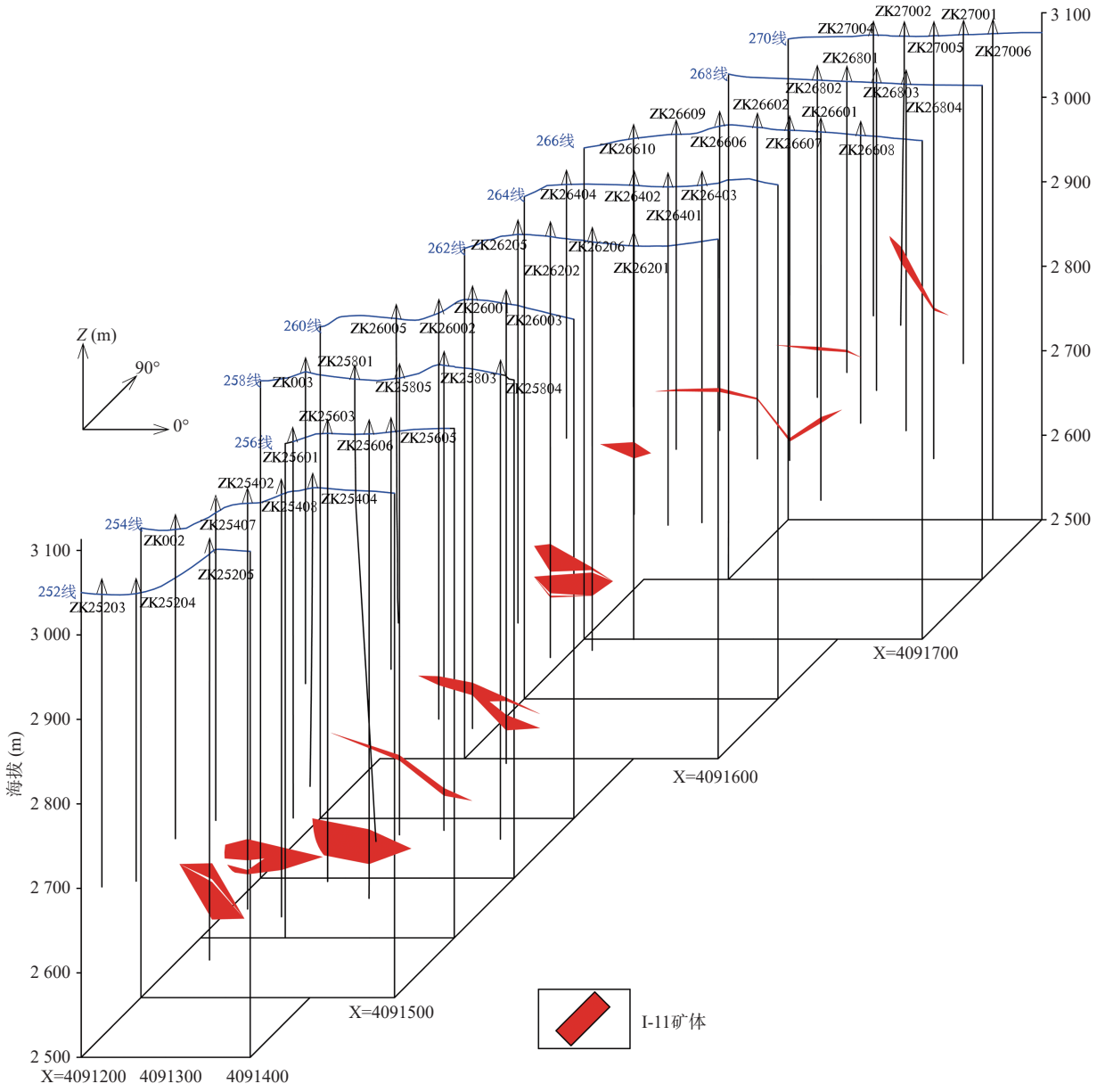


图9 Ⅰ-11 矿体空间形态剖面对比示意图

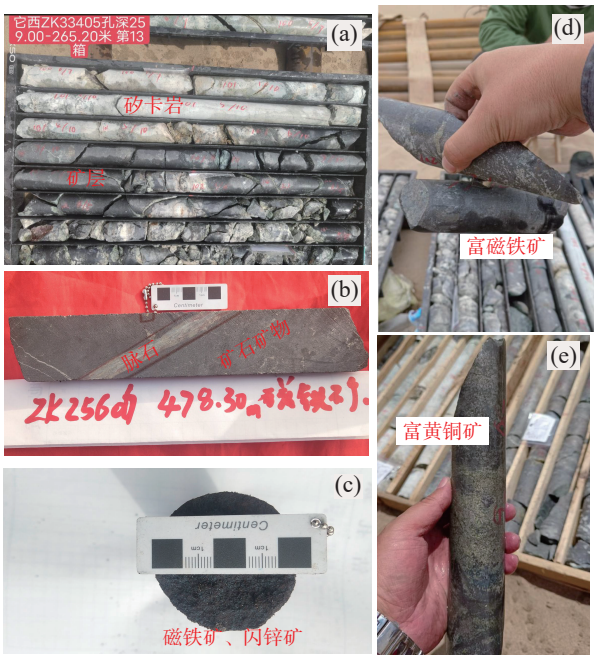
Fig. 9 Comparison diagram of spatial distribution of orebody of I-11 ore body

多金属矿体，说明本区除强磁异常外，弱磁异常也有较好的找矿潜力。C10 磁异常区：358 线 ZK35802 孔控制多层铁及铁多金属矿体，相邻勘探线间距 400 m，控制间距过大，未能有效控制矿体，需进一步开展工作。

（5）C11 磁异常区：250 线 ZK25002 孔控制工业铁多金属矿体，沿矿体走向相邻勘探线没有工程控制。

矿区前期找矿重点为矽卡岩型铁多金属矿体，对其他类型的矿床找矿考虑不足。C6 异常区从钻孔揭露看，在蚀变带发育地段金、铜明显富集，表现为明显的热液型多金属矿的特征；从 C8 异常部分钻孔（如 ZK42601、ZK45001、ZK45002、ZK45003 等）的光谱样分析结果来看，Mo 含量较高（最大值达 466×10^{-6}），且在矿区底部，揭露的似斑状二长花岗岩中见明显的黄铜矿化，指示斑岩型矿床的特点；通过钻探编录，部分地段可见明显的隐爆角砾岩。以上种种迹象表明，本区具有岩体内部发育斑岩型矿化，外围矽卡岩矿化和热液脉型矿化的特点。但由于地表覆盖，无法开展蚀变填图，且矿区未系统开展过光谱样分析，以前找矿仅关注矽卡岩型矿体，未从成矿系列的角度来分析矿区的矿床类型，对矿区找矿前景评价不够深入。

（6）本区矿种以铁铜锌金为主，磁铁矿及硫化物



a.矿层岩心；b.矿石矿物与脉石；c.磁铁矿与闪锌矿；d.富磁铁矿；e.富黄铜矿

图10　矿区岩(矿)石照片

Fig. 10　Photos of rock (ore) in mining area

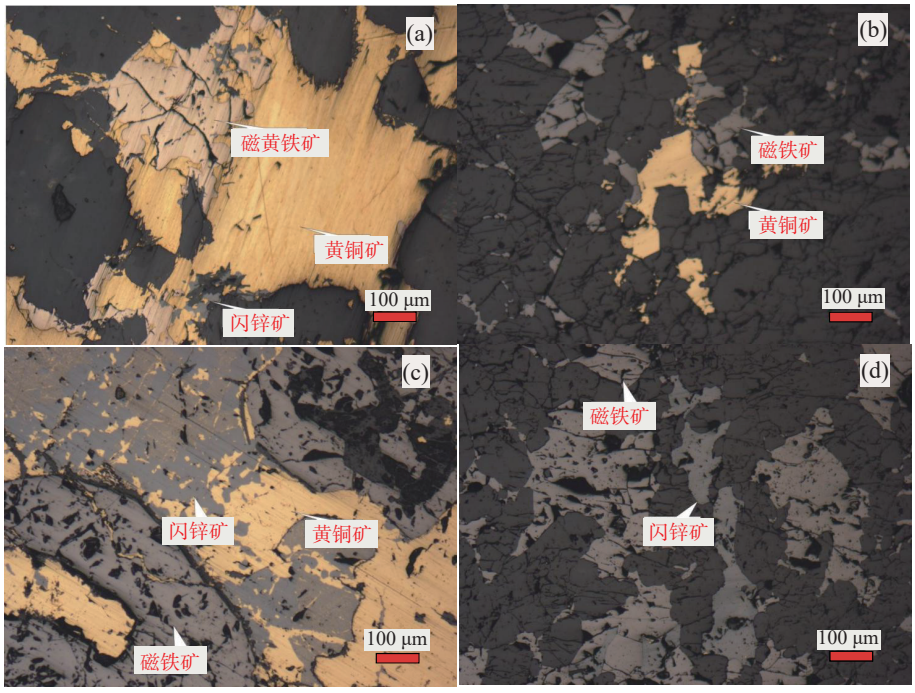
均较为发育，部分埋深超过 500 m 的矿体表现为弱磁异常特征。前期找矿主要以强磁异常为主，对若磁异常找矿力度不够，建议今后开展大功率电磁法，进一步圈定深边部找矿靶区，增加矿床资源储量。

总之，矿区成矿地质背景良好，物探磁异常显著且对找矿的指导意义明显，成矿事实显著，工作程度低。应该在前人工作的基础上加强综合研究水平，总结找矿经验，进一步开展地质找矿工作。

5　结论

(1)矿体主要赋存于矽卡岩带中，以矽卡岩型为主、热液型为辅，主要共生有用组分为铁、铜、锌、金、铅，伴生银、硫等。有用组分及组合的矿石类型有 Au、Cu、Cu–Au、Cu–Zn、Cu–Zn–Pb、Pb、Zn、Zn–Pb、Fe–Cu、Fe–Cu–Au、Fe、Fe–Zn、Fe–Cu–Zn–Pb、Fe–Cu–Zn、Fe–Zn–Pb、Fe–Au、Fe–Cu–Zn–Au 等 17 种。矿区圈定铁多金属矿体 91 条，Ⅰ矿段 47 条、Ⅱ矿段 21 条、Ⅲ矿段 5 条、Ⅳ矿段 5 条、Ⅴ矿段 13 条，矿体埋深为 180.11～706.81 m。

(2)在以往工作中 C5 磁异常北部异常较弱(20～50 nT)的地段圈定较为厚大的铁多金属矿体，说明该区广泛分布的弱磁异常找矿依然有很大的潜力。C8、C10、C11 异常新发现了具规模品位较富的铁多金属矿体，尤其在 C10 异常区发现规模较大的铁铜锌



a.磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿共生；b.磁铁矿、黄铜矿共生；c.磁铁矿、闪锌矿、黄铜矿共生；d.磁铁矿、闪锌矿共生

图11　矿区矿石镜下照片

Fig. 11　Microscopic photos of ore in mining area

多金属矿体，说明本区除强磁异常外，弱磁异常也有较好的找矿潜力。从地质体的分布规律看，OST 地层向东侧伏，C6、C8 异常部分钻孔未施工到花岗岩及接触带，由于广厚覆盖，且部分地段矿体以铜金为止，地磁异常反应不强，应加强多金属的深部找矿工作。

（3）C5 异常矿体底部侵入岩体以二长花岗斑岩为主，在 238 线、254 线均见有明显的呈稀散状、星点状的黄铜矿化，Cu 含量可达 $0.1\times10^{-2}\sim0.2\times10^{-2}$，虽然没有圈定工业铜矿体，但提供了重要的线索；C5 异常 250 线发现了品位较高且厚度较大的辉铜矿化，对本区找矿是新的启示；C6 异常发现了较富的赤铁矿磁铁矿型的矿石类型，矿石自然类型也有了新的拓展；C5、C8 异常在斜绿泥石岩中也见铁、铜、锌矿体，显示它温查汉西地区成矿类型多样，矿石类型丰富。

（4）矿区可能构成斑岩型–热液型–矽卡岩多金属成矿系列：即岩体内部形成“斑岩型矿化”，主要针对 C8 异常区大片低缓异常及高温铜钼元素的为指示依据，加强研究；远离斑岩体，沿断裂、裂隙则发育大量“热液型矿床”。目前，以 C6 异常区发育的热液型铜金矿为主要方向；当围岩以大理岩为主时，在接触带上则形成矽卡岩型矿。

利益冲突声明（Conflict of Interests）：

所有作者声明不存在利益冲突。

All authors disclose no relevant conflict of interests.

参考文献（References）：

曹德智，王军，杨伟毅，等. 东昆仑它温查汉铁多金属矿床控矿因素、找矿前景及方向分析[J]. 西北地质，2012, 45(1)：56−62.

CAO Dezhi, WANG Jun, YANG Weiyi, et al. The Ore-Controlling Factors, Metallogenic Condition and Prosp-Ecting in West Part of Tawenchahan Polymetallic Ore District, East Kunlun Mountains, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1)：56−62.

曹德智，袁桂林，郑振华，等. 它温查汉西铁多金属矿地球物理特征及磁法物探找矿方法优选研究[J]. 青海大学学报，2014, 32(4)：71−79.

CAO Dezhi, YUAN Guilin, ZHENG Zhenhua, et al. Study on Optimization of Magnetic-Geophysical Prospecting Methods in Thickly Coverde Area in Tawenchahan in East Kunlun in Qinghai[J]. Journal of Qinghai University, 2014, 32(4)：71−79.

丰成友，王松，李国臣，等. 青海祁漫塔格中晚三叠世花岗岩：年代学、地球化学及成矿意义[J]. 岩石学报，2012, 28(2)：665−678.

FENG Chengyou, WANG Song, LI Guochen, et al. Middle to Late Triassic Granitoids in the Qimantage Area Qinghai Province China Chronology Geochemistry and Metallogenic Significances[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2)：665−678.

丰成友，李东生，吴正寿，等. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、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. Major Types, Time-Space Distribution and Metallogeneses of Polymetallic Deposits in the Qimantage Metallogenic Belt, Eastern Kunlun Area[J]. Northwestern Geology, 2010, 43(4)：10−17.

丰成友，赵一鸣，李大新，等. 青海西部祁漫塔格地区矽卡岩型铁铜多金属矿床的矽卡岩类型和矿物学特征[J]. 地质学报，2011, 85(7)：1108−1115.

FENG Chengyou, ZHAO Yiming, LI Daxin, et al. Skarn Types and Mineralogical Characteristics of the Fe-Cu-Polymetallic Skarn Deposits in the Qimantage Area, Western Qinghai Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(7)：1108−1115.

李东生，张文权，田承盛，等. 青海祁漫塔格地区主要矿床类型找矿方法探讨[J]. 西北地质，2013, 46(4)：131−141.

LI Dongsheng, ZHANG Wenquan, TIAN Chengsheng, et al. Discussion on the Metallogenic Characteristics and Ore-Prospecting Methods of Qimantage Region, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2013, 46(4)：131−141.

杨涛，李智明，张乐，等. 东昆仑它温查汉西花岗岩地质地球化学特征及其构造意义[J]. 高校地质学报，2017a, 23(3)：452−464.

YANG Tao, LI Zhiming, ZHANG Le, et al. Geological and Geochemical Characteristics of the Tawenchahanxi Granites in East Kunlun and Its Tectonic Significance[J]. Geological Journal of China Universities, 2017a, 23(3)：452−464.

杨涛，张斌，张乐，等. 青海省它温查汉西铁多金属矿床地质特征、控矿因素及找矿方向[J]. 地质科技情报，2017b, 36(6)：214−223.

YANG Tao, ZHANG Bin, ZHANG Le, et al. Geological Characteristics, Ore-Controlling Factors and Prospecting Direction of the Tawenchahanxi Fe-Polymetallic Deposit, Qinghai Province[J]. Geological Science and Technology Information, 2017b, 36(6)：214−223.

杨涛，张乐，郑振华，等. 青海省它温查汉西铁多金属矿床地质特征及成因分析[J]. 岩石矿物学杂志，2018, 37(3)：467−484.

YANG Tao, ZHANG Le, ZHENG Zhenhua, et al. Geological Features and the Cause Analysis in West Part of Tawenchahan Fe-Polymetallic Deposit, Qinghai province[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2018, 37(3)：467−484.

王秉璋, 潘彤, 任海东, 等. 东昆仑祁漫塔格寒武纪岛弧: 来自拉陵高里河地区玻安岩型高镁安山岩/闪长岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学和 Hf 同位素证据[J]. 地学前缘, 2021, 28(1): 318−333.

WANG Bingzhang, PAN Tong, REN Haidong, et al. Cambrian Qimantagh island arc in the East Kunlun orogen: Evidences from zircon U-Pb ages, lithogeochemistry and Hf isotopes of high-Mg andesite/diorite from the Lalinggaolihe area[J]. Earth Science Frontiers, 2021, 28(1): 318−333.

王新雨, 王书来, 吴锦荣, 等. 青海省牛苦头铅锌矿床成矿时代研究: 来自成矿岩体年代学和黄铁矿 Re–Os 地球化学证据[J]. 西北地质, 2023, 56(6): 71−81.

WANG Xinyu, WANG Shulai, WU Jinrong, et al. Mineralization Age and Ore forming–Source of Niukutou Pb–Zn Deposit, Qinghai: Evidence from Geochronology of Ore–forming Rock Bodies and Re–Os Geochemistry of Pyrite[J]. Northwestern Geology, 2023, 56(6): 71−81.

张爱奎, 莫宣学, 刘光莲, 等. 野马泉矿床特征及找矿潜力分析[J]. 矿产与地质, 2010, 24(2): 97−106.

ZHANG Aikui, MO Xuanxue, LIU Guanglian, et al. Analysis of the feature and prospecting potential of Yemaquan deposit[J]. Mineral Resources and Geology, 2010, 24(2): 97−106.

张爱奎, 刘光莲, 莫宣学, 等. 青海祁漫塔格晚古生代-早古生代侵入岩构造背景与成矿关系[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 9−19.

ZHANG Aikui, LIU Guanglian, MO Xuanxue, et al. Relationship Between Tectonic Settings and Metallo Genesis of Late Paleozoic-Early Mesozoic Intrusive Rock in Qimantage, Qinghai Provinc[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 9−19.

张爱奎. 青海野马泉地区晚古生代—早中生代岩浆作用与成矿研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2012.

张爱奎, 莫宣学, 袁万明, 等. 东昆仑西部野马泉地区三叠纪花岗岩成因与构造背景[J]. 矿物学报, 2016, 36(2): 157−173.

ZHANG Aikui, MO Xuanxue, YUAN Wanming, et al. Petrogensis and Tectonic Setting of Yemaquan Triassic Granite From the West of the Eastern Kunlun Mountain Range, China[J]. Acta Mineralogica Sinca, 2016, 36(2): 157−173.

张爱奎, 王建军, 刘光莲, 等. 青海省祁漫塔格地区主要成矿系列与成矿模式[J]. 矿物学报, 2021, 41(1): 318−333.

ZHANG Aikui, WANG Jianjun, LIU Guanglian, et al. Main minerogenetic series in the Qimantag area, Qinghai Province and their metallogenic models and their metallogenic models[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2021, 41(1): 318−333.

张晓飞, 李智明, 陈博, 等. 东昆仑祁漫塔格地区滩间山群矽卡岩化成矿作用[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 40−47.

ZHANG Xiaofei, LI Zhiming, CHEN Bo, et al. The Contribution of the Tanjianshan Group Stratum to Skarnization in Qimantage Region, Qinghai Province[J]. Northwestern Geology, 2012, 45(1): 40−47.