

文章编号: 0258-7106(2013)01-0195-12

新疆东昆仑迪木那里克铁矿床地质特征及找矿方向*

丁海波¹ 杨晓飞¹ 张朋¹ 余兵² 周福新¹

(1 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队, 新疆 库尔勒 841000; 2 巴州贤和地质勘察技术咨询有限公司, 新疆 库尔勒 841000)

摘要 迪木那里克铁矿床处于新疆东昆仑西段, 位于阿尔金陆缘地块祁漫塔格古生代复合沟弧带中。矿体主要赋存于中-上奥陶统祁漫塔格群浅变质碎屑岩-火山碎屑岩中, 矿体多呈似层状、条带状产出, 与地层产状基本一致, 层控作用比较明显, 矿体塑性变形较强, 矿石主要为条带状石英-磁铁矿和块状磁铁矿矿石, 矿石品位较低($TFe = 20\% \sim 40\%$), 围岩蚀变特征明显。文章从成矿地质背景和矿床地质特征出发, 重点从矿床规模、矿体产状、赋矿层位、围岩性质、矿石特征等方面探讨了迪木那里克铁矿床的成因, 并提出在该区寻找同类矿床的标志。该铁矿床属海相火山沉积变质型铁矿, 可利用矿区地层、构造、围岩蚀变、航磁异常等作为找矿标志。

关键词 地质学 铁矿床 地质特征 找矿方向 迪木那里克 新疆东昆仑

中图分类号 P618.31

文献标志码 A

Geological characteristics and prospecting direction of Dimunalike iron deposit in East Kunlun, Xinjiang

DING HaiBo¹, YANG XiaoFei¹, ZHANG Peng¹, YU Bing² and ZHOU FuXin¹

(1 Third Geological Branch, Xinjiang Geological and Mineral Bureau, Korla 841000, Xinjiang, China;

2 Geological Survey Technical Consulting Co. Ltd., Bayingolin Autonomous Prefecture, Korla 841000, Xinjiang, China)

Abstract

Based on geological background and geological features, this paper deals with the genesis of the Dimunalike iron deposit and the ore-prospecting criteria in search for ore deposits of the same type, with emphasis placed on such aspects as the deposit size, attitude of ore body, ore-bearing horizon, surrounding rocks and ore characteristics. The Dimunalike iron deposit is located in the western part of East Kunlun in Xinjiang. Its tectonic position is the Qimantag Paleozoic complex trench-arc belt in Altun continental margin block. The deposit mainly occurs in metamorphosed clastic rocks - pyroclastic rocks of the Middle-Upper Ordovician Qimantag Group. Most ore bodies are nearly stratiform or banded, some have undergone strong plastic deformation, and ores mainly show obvious stratabound nature. The ores are mainly banded quartz-magnetite and bulk magnetite, with a relatively low grade ($TFe = 20\% \sim 40\%$), and wall rocks have obviously experienced alteration. The iron ore is of the sedimentary-metamorphic type, and hence the stratigraphy, tectonics, rock alteration and aeromagnetic anomaly can be used together for ore prospecting.

Key words: geology, iron deposit, geological characteristic, prospecting, Dimunalike, East Kunlun in Xinjiang

* 本文得到新疆维吾尔自治区地质勘查中央专项资金项目(编号:ZYXKC2006-2)新疆维吾尔自治区地质勘查基金项目(编号:K08.4.6.K09.4.1)中国地质调查局地质矿产调查评价专项项目(编号:1212011120548)的联合资助

第一作者简介 丁海波,男,1984年生,工程师,主要从事地质矿产勘查工作。Email:395483418@qq.com

收稿日期 2012-04-09;改回日期 2012-12-30。张绮玲编辑。

迪木那里克铁矿床位于新疆巴音郭楞蒙古自治州且末县县城东南 190 km 处,由新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队于 2005 年发现,新疆地质勘查中央专项资金、新疆金昆仑矿业有限责任公司、新疆地质勘查基金、中国地质调查局地质矿产调查评价专项陆续投入资金对该矿床进行勘查评价工作,目前已对矿区进行了普查评价、对主矿体浅部进行了详查评价。前人简要说明了该矿床地质特征(胡克亮等 2010),对该矿床找矿标志和找矿潜力进行了一定的研究(石福品等 2010;胡秀军等 2011)。近两年,迪木那里克铁矿外围找矿工作有了新进展,在长达 50 km 的混杂岩带中新发现了玉岭铁矿、河肃铁矿、东部异常铁矿带、2196 铁矿点、北部负磁异常铁矿带(见丁海波 2013 一文图 1);对迪木那里克铁矿区内的勘查工作有了新认识,通过区域地层对比、钻探工程控制、物探磁法反演计算,重新确定矿床的赋矿构造为复向斜,而非简单的单斜构造(胡秀军等 2011),矿体总体赋存于宽缓复向斜中,重新估算了迪木那里克铁矿床铁矿石资源量,为 2.86 亿吨(丁海波等 2012)^①。鉴于东昆仑祁漫塔格地区交通极为困难,缺少对迪木那里克铁矿床及外围铁矿的系统地研究,本文以成矿地质背景和矿床地质特征为基础,重点从矿床规模、矿体产状、赋矿层位、围岩性质、矿石特征等方面,探讨了该矿床的成因并提出同类矿床的找矿标志。

1 成矿地质背景

迪木那里克铁矿床位于青藏高原北部新疆东昆仑西段,属于祁漫塔格钨、锡、铜、铅、锌、铁、石棉成矿带。早古生代阿尔金南缘残余洋盆再次被拉开扩大,形成陆缘海、小洋盆、微古陆、多岛洋等,为铁矿形成提供了良好的古地理条件。此间形成一套早古生代变质砂岩、泥岩,总体上属于过渡型的沉积碎屑岩类。迪木那里克铁矿床即产于活动大陆边缘区的沉积建造内。

区域上构造混杂岩相当发育,由于强烈的构造作用,在伸展滑脱、逆冲、走滑剪切等作用下,岩石遭受了强烈的变形变质改造(毛德宝等 2006),出现了

不同成因类型、不同时代、不同变形变质特征的岩层发生剪切位移、混杂拼贴等现象,岩层或岩体多呈透镜体状分布,沿走向追索往往出现尖灭消失;岩层(体)之间多发生韧性剪切作用,部分呈脆性断裂接触。沿强烈的构造变形带上不同时代、不同成因的岩层(石)体在短距离内互相拼贴,无序叠置,少数岩层(石)内局部尚保存有序叠置,具有典型的构造混杂岩的特征(覃小锋等 2006, 2007)。

区域地层主要为青白口纪—奥陶纪岩片“长沙沟构造蛇绿混杂岩带”^②,受阿尔金南缘断裂强烈改造,岩层(体)发生变形、变位错移,岩石变质程度较深,与青白口纪岩层(体)发生混杂叠置,呈构造岩片混杂分布于构造蛇绿混杂岩带中,迪木那里克矿区分属长沙沟构造蛇绿混杂岩带中的复理石岩片和碳酸盐岩岩片及少量(中)基性火山岩岩片。沿阿尔金南大断裂带岩浆岩较发育,迪木那里克矿床区东北的岩浆岩是以片麻状斑状细-中粒黑云二长花岗岩为主的黄土泉独立单元和以辉绿玢岩为主的基性岩墙。

区域上除迪木那里克铁矿床外,产出的铁矿床(矿化点)主要有苏巴里克铁矿床、里维齐明铁矿床、克孜尔卡甫铁矿点、阿特滩铁矿床、库木库里北铁矿点。近年来,在东昆仑北缘地区的帕西木、苦阿恰克能萨依、麻特等地发现了类似于迪木那里克铁矿的铁矿床(吴益平等 2007)。

2 矿区地质特征

2.1 地层

迪木那里克矿床出露的主要地层为中-上奥陶统祁漫塔格群的一部分,为一套浅变质的碎屑岩、泥灰岩及少量火山碎屑岩组合。区内出露的祁漫塔格群地层自下而上分 3 个岩性段,铁矿主要产于第二岩性段灰绿色绢云千枚岩、灰绿色绢云石英千枚岩及黑灰色含碳泥灰岩之中(见图 1)。

第一岩性段:浅绿色厚层条带状变砂岩、粉砂岩夹泥岩,出露于矿区南部,面积较小,呈带状分布,岩层厚度约 0.2~1.5 m;淡黄灰白色细粒、片状绿泥石英岩与浅灰绿色、灰黑色钠长石英、碳质绿

① 丁海波,杨晓飞,樊自春,张朋,刘建兵,王磊,王辉春,姚建斌,赵建兵,江长青,李朋飞,李磊,李鹏飞,江锦山. 2012. 新疆且末县迪木那里克铁矿深部及外围勘查报告. 内部资料.

② 李江,覃小锋,陆济璞,许华,周府生,李乾,胡贵昂,周秋娥. 2003. 阿尔金山幅(J45C003003)1:25万区域地质调查报告. 内部资料.

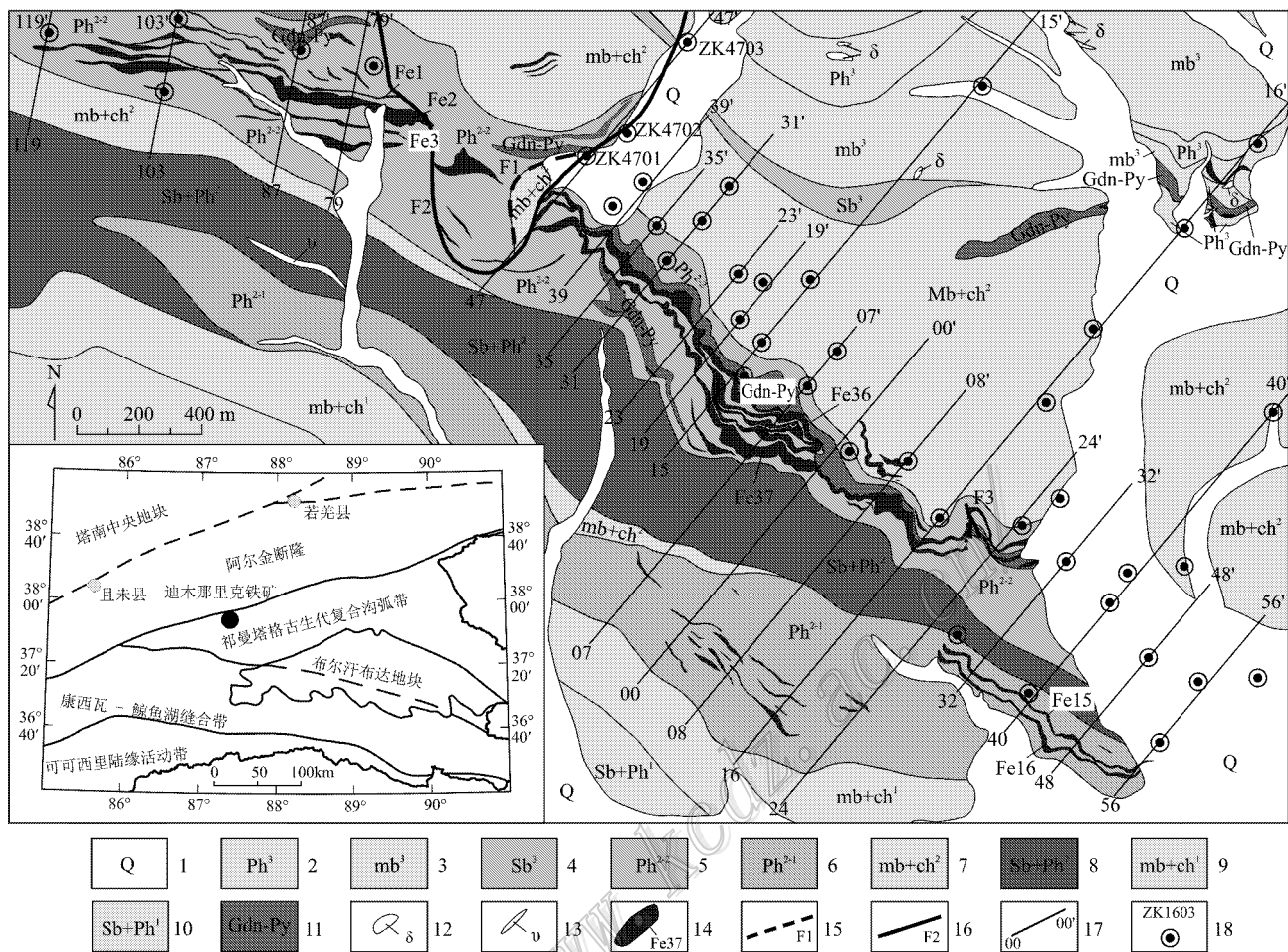


图 1 迪木那里克铁矿区地质图

1—第四系；2~12 为中-上奥陶统祁漫塔格群地层：2—第三岩性段绢云千枚岩；3—第三岩性段大理岩化含碳泥灰岩；4—第三岩性段石英英岩；5—第二岩性段第二层绢云石英千枚岩夹石英岩；6—第二岩性段第一层绢云千枚岩夹含碳绢云千枚岩；7—第二岩性段含碳泥灰岩夹碳质千枚岩；8—第二岩性段石英英岩夹石英千枚岩；9—第一岩性段含碳泥灰岩夹碳质千枚岩；10—第一岩性段绢云千枚岩与细粒石英岩互层；11—土状粉末状风化氧化破碎带；12—闪长岩；13—辉绿辉岩；14—磁铁矿体；15—推测断层；16—实测断层；17—勘探线及编号；18—钻孔

Fig. 2 Geological map of the Dimunalike iron deposit

1—Quaternary; 2~12 for the Middle-Upper Ordovician Qimantage Group Stratum: 2—3rd lithologic member sericite phyllite; 3—3rd lithologic member marble with charcoal marl; 4—3rd lithologic member quartzite; 5—2nd lithologic member sericite quartz phyllite with quartzite; 6—2nd lithologic member sericite phyllite intercalated with carbon-bearing sericite phyllite; 7—2nd lithologic member carbonaceous marlite with carbonaceous phyllite; 8—2nd lithologic member quartzite with quartz phyllite; 9—1st lithologic member carbonaceous marlite with carbonaceous phyllite; 10—1st lithologic member sericite phyllite interbedded with fine-grained quartzite; 11—Earthy powder weathered oxidation fracture zone; 12—Diorite; 13—Diabase gabbro; 14—Magnetite body; 15—Inferred fault; 16—Measured fault; 17—Exploration line and its number; 18—Drill hole

泥绢云千枚岩互层 (Sb + Ph¹), 石英岩层厚 0.5~1 m, 千枚岩单层厚度 0.1~0.5 m; 黑灰色碳质绿泥绢云千枚岩 (Ph¹), 单层厚度约 0.1~0.5 m, 呈条带状产出 (Sb + Ph¹) 地层之中; 灰黑色含碳泥灰岩夹灰黑色碳质千枚岩 (mb + ch¹), 含碳泥灰岩单层厚度 0.2~1.5 m, 碳质千枚岩单层厚度 0.1~0.4 m。

第二岩性段: 灰绿色绢云石英千枚岩 (单层厚度

0.1~0.5 m) 夹浅灰色含碳石英岩 (厚 0.5~1 m) (Ph²⁻¹), 为矿区第二含矿层位, 矿体厚度不大, 延伸较短; 淡灰绿色微粒石英岩 (单层厚度 0.8~1.2 m) 夹浅灰黑色绢云石英千枚岩 (单层厚度 0.2~0.5 m) (Sb + Ph²), 岩层总厚度变化较大, 出露宽度为 68~500 m, 东窄西宽; 灰绿色绢云千枚岩 (单层厚度 0.2~0.6 m) 夹浅黑灰色含碳绢云千枚岩 (单层厚度 0.1

~0.3 m (Ph²⁻²) 为矿区的主要含矿层位,顶部可见绿褐灰色强变形火山灰凝灰质千枚岩、灰绿色细粒沉凝灰岩呈中厚层状(单层厚 20~50 cm)产出,层中浅黄绿色、灰黑色土状粉末状褐铁矿化风化氧化破碎带(Gdn-Py)发育;黑灰色含碳泥灰岩(单层厚度 0.5~1 m)夹灰黑色碳质千枚岩(单层厚度 0.3~0.5 m (mb+ch²)),该层底部紧邻主含矿层黑色碳质千枚岩中产出有磁铁矿体,矿体规模相对较小。

第三岩性段:淡黄灰色微细粒石英岩(Sb³),层厚 1~5 m,呈透镜状产出;黑灰色大理岩化含碳泥灰岩(mb³),层厚 0.35~1 m;浅灰绿色绢云千枚岩(Ph³),层厚 0.1~0.5 m,在该层中产出有磁铁矿体,矿体规模相对较小。

2.2 构造

受阿尔金山南缘断裂影响,矿区内地层产生强度较大的塑性变形,地表矿石及钻孔矿心中均可见明显的高强度变形,导致地表局部条带状磁铁矿呈多期不规则褶曲形态出现,个别矿心中也可见明显拉长、不规则褶曲的条带状磁铁矿及绿泥石细条带;另受岩石变质程度不同的影响,导致磁铁矿石矿化不均匀,磁性铁含量变化较大,局部地段地表磁性铁含量不足 15%,深部则比较稳定。

2.2.1 褶皱

矿区地表主体为北东向倾斜的单斜构造,产状一般为倾向 20~55°,倾角 30~52°之间。本次工作通过地层对比、剖面复查、钻探工程控制、物探磁法反演计算,重新确定矿区构造为一宽缓的复背向斜构造,Fe₃₆、Fe₃₇ 矿体浅部北倾地段为该复背向斜构造的一翼。

通过外围区域对比,认为在 Fe₃₆、Fe₃₇ 主矿带与 Fe₁₅、Fe₁₆ 矿体组成矿带之间,沿第一岩性段碳质绢云千枚岩和第二岩性段淡灰绿色微粒石英岩夹浅灰黑色绢云石英千枚岩间可能存在一个背斜构造,造成背斜南翼的 Fe₁₅、Fe₁₆ 等矿体南倾,导致以往布设于该矿体北侧位于背斜核部的 ZK4002、ZK4801 钻孔未能见矿。

2.2.2 断裂

矿区中部发育 F1、F2 断裂组成的北东倾(10~20°)小角度(<30°)逆冲推覆断裂组,将矿区分分为东、西 2 区。西矿区含矿层相对抬升,东矿区主矿体在地表尖灭,而其深部应与西矿区含矿层相连,逆冲推覆断裂组未对含矿层产生影响。

矿区东部发育 F3 断裂组,倾向 60~90°,倾角

65~68°,为两期以上的逆冲断裂,对矿体造成一定程度的破坏,断裂组附近矿体形态发生变化,致使 2007 年施工的 ZK1601 钻孔未见矿,根据 ZK1603、ZK1606 钻孔见矿情况可知,F3 断裂组未对矿区含矿层产生大的破坏。

2.3 岩浆岩

区内岩浆岩不发育,在矿区北部有暗绿色细-中粒钠黝帘石化阳起石化闪长岩呈岩株产出,矿区中部、东部有绿褐色强变质角闪辉绿辉长岩、绿黑色中粒角闪辉绿辉长岩呈岩墙、透镜状侵入于地质体之中。

3 矿体地质特征

3.1 矿体分布特征

3.1.1 矿体产出部位

矿区分为 3 个含矿层,共计 63 个矿体,矿体地表产状和围岩基本一致,走向 125~155°,倾向北东,倾角 30~60°,矿石中 $\alpha(\text{TFe})$ 一般在 20%~40% 之间,平均 29% 左右,个别样品达 40% 以上,其顶底板围岩均为千枚岩或千枚岩的风化破碎带。

第一个含矿层是矿区的主矿带,分布于矿区中部,呈北西向展布,宽 30~200 m,长 5 km,包括主矿体 Fe₃₆、Fe₃₇ 号矿体,其他矿体还有 Fe₁、Fe₂、Fe₃、Fe₄、Fe₇、Fe₈、Fe₁₀、Fe₁₁、Fe₁₃、Fe₁₄、Fe₃₆₋₁、Fe₃₇₋₁~8、Fe₃₈、Fe₃₉、Fe₄₀、Fe₄₁、Fe₄₂、Fe₄₃、Fe₄₄、Fe₄₅、Fe₄₆、Fe₄₇、Fe₄₈、Fe₄₉、Fe₅₀、Fe₅₄ 号矿体,Fe₅₅、Fe₅₆ 号矿体为钻探控制的隐伏矿体,共计 38 个矿体。

第二个含矿层位于第一个含矿层南部,与其大致平行,宽 20~120 m,长度大于 2000 m,出露 Fe₉、Fe₁₂、Fe₁₅、Fe₁₆、Fe₂₀、Fe₂₁、Fe₂₂、Fe₂₃、Fe₂₃₋₁、Fe₂₄、Fe₂₅、Fe₂₈、Fe₂₉、Fe₃₀、Fe₃₁、Fe₃₂、Fe₃₃、Fe₃₄、Fe₅₁、Fe₅₂、Fe₅₃ 号矿体,共计 21 个矿体,其中,矿体的规模和铁含量均较第一个含矿层差。

第三个含矿层位于矿区东部大扎尔扎克沟北部的分水岭处,规模最小,含矿层宽 15~50 m,长 800 m,出露有 Fe₁₇、Fe₁₈、Fe₁₉、Fe₂₆ 号 4 个矿体。

3.1.2 主矿体形态规模与产状

矿区的主矿体为 Fe₃₆、Fe₃₇ 号矿体,它们距离较近,物探异常相互重合,难以区分,ΔT 值相对较高,峰值一般在 4000~7000 nT,最高为 12 885.7 nT。

通过地层对比、剖面复查、钻探工程控制、物探

磁法反演计算等方法,确定迪木那里克铁矿区主含矿层为一宽缓的复向斜构造,Fe36、Fe37 矿体浅部北倾地段为该复向斜构造的一翼(图 2)。矿体受阿尔金南缘断裂影响,在复向斜构造内部产生强度较大的塑性变形,地表及钻孔的矿石中均可见明显的变形,局部条带状磁铁矿呈多期不规则褶曲形态(图 4e、f),导致个别钻孔中未见矿。

Fe36 号主矿体出露于 47 线~00 线之间,已控制见矿长度 1180 m,探槽揭露宽度 5~73.5 m,倾角 29~45°,钻孔见矿累计视厚度 4.74~72.05 m,平均真厚度为 22.90 m,真厚度变化系数为 76%。矿体总体赋存于宽缓复向斜中,呈似层状,分枝复合产出,矿体局部受阿尔金南缘断裂影响,在复向斜构造内部产生强度较大的塑性变形,导致 ZK0703、ZK1503 两钻孔未见该矿体。控制标高 4421~4045 m,最大控制斜深约 1730 m, α (TFe)为 23.41%~36.36%,平均 27.38%,全铁在矿体中分布的均匀程度即品位变化系数 10%,磁性铁含量 α (mFe)为 6.35%~31.44%,平均 18.18%,磁性铁品位变化系数 28%,矿体沿走向、倾向厚度变化较大,品位比较稳定。

Fe37 号主矿体出露于 47 线~56 线之间,已控制见矿长度 2630 m,探槽揭露宽度 1.6~37.7 m,倾角 21~63°,个别勘探线倾角较大,00 号勘探线达 63°,钻孔见矿累计视厚度 3~42.9 m,平均真厚度为 14.36 m,厚度变化系数为 67%。矿体总体赋存于宽缓复向斜中,呈似层状,分枝复合产出,矿体受阿尔金南缘断裂影响,在复向斜构造内部产生强度较大的塑性变形,受 F3 断裂组影响,导致 ZK1601 钻孔未见该矿体。控制标高 4410~3873 m,最大控制斜深约 1741 m,全铁品位 20.5%~34.92%,平均 27.29%,全铁品位变化系数 10%,磁性铁含量 7.55%~29.03%,平均 18.44%,磁性铁品位变化系数 25%,07 线至 16 线矿体厚度变薄、分散、夹石增多,个别地段尖灭,矿体沿走向、倾向厚度变化较大,品位比较稳定。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石矿物组分

该矿床的矿石矿物主要为磁铁矿,其次为褐铁矿(常见于地表矿石中),脉石矿物主要为石英,绿泥石,其次为黄铁矿,少量的磁黄铁矿、针铁矿、黄铜矿、方解石。

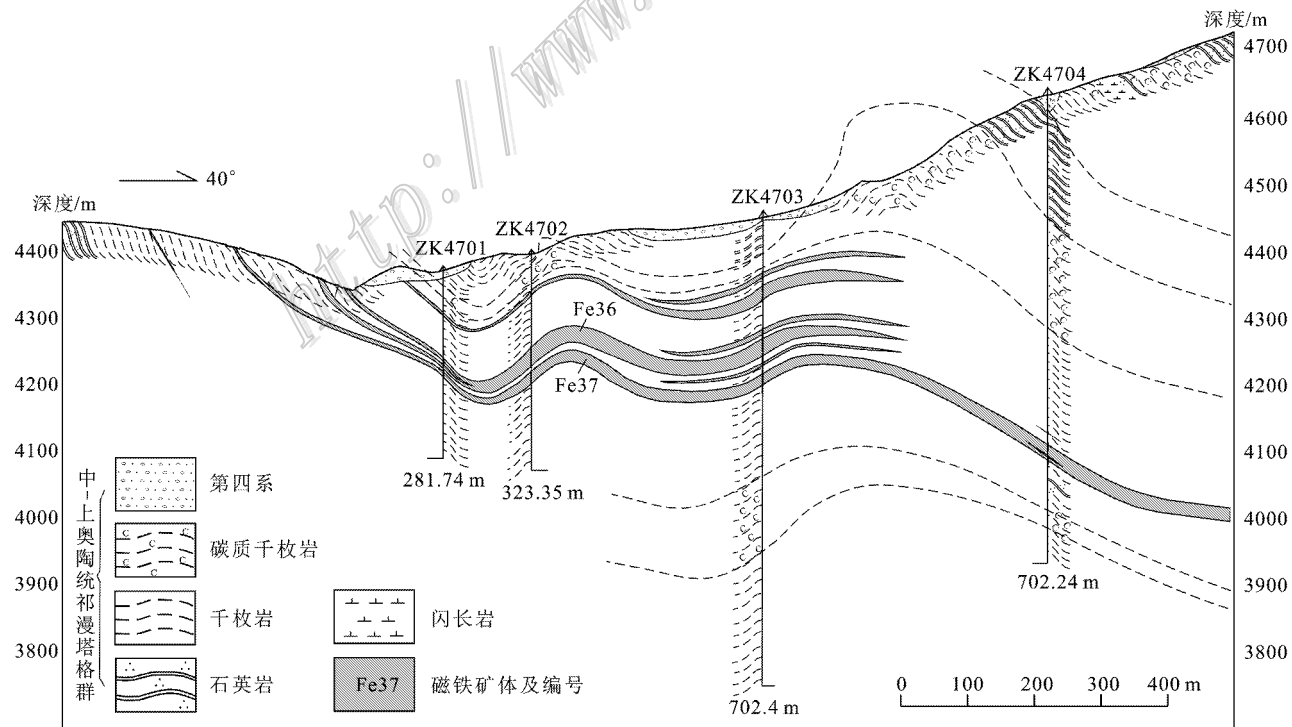


图 2 迪木那里克铁矿 47 号勘探线剖面褶皱构造略图

Fig. 2 Fold structure in No. 47 exploration line of the Dimunalike iron deposit

磁铁矿 灰白微带棕色,呈半自形-他形,少数自形(图 3a),与石英接触边界平直,呈镶嵌结构分布(图 3b),局部可见磁铁矿颗粒受应力挤压呈压碎结构(图 3c)及磁铁矿遭受氧化而形成褐铁矿。通过粒度统计,磁铁矿颗粒大小差异较大,最大可达 0.2 mm,以 0.01~0.08 mm 最为常见,约占统计数目的 94.55%(刘友明,2008)。

褐铁矿 灰白色,常见于地表矿石中,为磁铁矿遭受氧化而形成(图 3d),一般分布于石英条带中的石英颗粒间隙,或在石英条带与磁铁矿条带之间,也有呈细脉状分布于裂隙中。

黄铁矿 黄白色,常见单独颗粒呈他形(图 3e)分布于石英或磁铁矿颗粒间隙,局部可见黄铁矿呈半自形或脉状分布(图 3f),说明存在不同世代的黄铁矿,在绢云母千枚岩和石英岩中可见草莓状黄铁矿(图 3g),显示了其以沉积为主的成因类型。

石英 呈半自形-他形,与磁铁矿颗粒边界平直,呈镶嵌结构,为原始沉积碎屑受后期变质作用改造而来(图 3c);颗粒内部可见包含磁铁矿小颗粒或绿泥石,也可见磁铁矿颗粒或绿泥石分布于石英颗粒间隙。

绿泥石 呈针状分布于石英颗粒内部或颗粒间隙(图 3h)。在条带状构造的矿石中,磁铁矿条带与石英条带界线附近绿泥石较多,而在离界线较远处的石英条带中,绿泥石含量减少。

3.2.2 矿石化学成分

大量矿区矿石化学简项分析(新疆地矿局第三地质大队实验室,三氯化钛还原-重铬酸钾滴定法)和化学全分析资料(表 1)表明,Fe36、Fe37 号主矿体磁铁矿石平均品位 $\alpha(\text{TFe})$ 分别为 27.38%、27.29%,条带状磁铁矿石中 $\alpha(\text{SiO}_2)$ 一般为 34.2%~61.62%; $\alpha(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 一般为 24.5%~34.4%, $\alpha(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 与 $\alpha(\text{SiO}_2)$ 的增长大致呈反消长关系; $\alpha(\text{FeO})$ 一般在 4.61%~15.07% 之间;其中 GS-12 样品为磁铁矿条带(不含石英条带),故 $\alpha(\text{SiO}_2)$ 较低,为 17.94%, $\alpha(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 达到 50.8%, $\alpha(\text{FeO})$ 达到 21.33%。

$\alpha(\text{CaO} + \text{MgO}) / \alpha(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) = 0.074$,参照铁矿石质量标准(DZ/T0200-2002,中华人民共和国国土资源部,2003),其比值小于 0.5,该矿石属酸性铁矿石。 SiO_2 是酸性矿石的主要成分之一,主要存在于石英矿物中,其次含于硅酸盐类矿物中,与铁呈反比关系, MgO 、 CaO 及 Al_2O_3 等主要含于碳酸盐

类及硅酸盐类矿物中,在本矿床的矿体内含量极不均匀。从 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比值、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值、 $\text{Al}/(\text{K} + \text{Na} + \text{Ca})$ 比值来看,Fe36、Fe37 号主矿体条带状磁铁矿石中的主要组分含量基本一致,表明其为同一地质环境下形成。

3.2.3 矿石结构、构造

矿区的矿石结构类型以半自形-他形结构和镶嵌结构为主,少数呈自形结构、碎裂结构。磁铁矿呈半自形-他形微粒状均匀嵌布于石英颗粒之间,粒径 0.02~0.1 mm,半自形-他形结构(图 3a)为矿区矿石主要结构类型;部分磁铁矿颗粒与石英颗粒边界平直,呈镶嵌结构(图 3b);少数呈自形结构(图 3a),碎裂结构(图 3c)仅见于断裂附近钻孔中矿石,矿石受构造影响,石英角砾与铁矿物集合体相间嵌布。

矿石构造主要为条带状构造,次为块状构造。条带状构造为矿石的主要构造类型,表现为明显的磁铁矿条带与石英条带(图 4a、b),磁铁矿条带一般宽约 1~5 cm,石英条带一般宽约 1~3 cm。磁铁矿石在镜下亦表现为硅铁条带构造(图 4c)。块状构造表现为磁铁矿颗粒与石英颗粒均匀分布,不具条带性。矿石颜色为灰~灰黑色,质地致密,铁矿物与脉石矿物均匀分布(图 4d)。

3.2.4 矿石类型

矿石类型为以磁铁矿石为主的复合矿石;以条带状矿石为主、少量块状构造矿石。按氧化程度分为微氧化型和原生型,微氧化型矿石中少量磁铁矿颗粒氧化成褐铁矿,原生型矿石为主要矿石类型。

矿区主矿体矿石 $\alpha(\text{TFe})$ 一般 20.14%~31.08%,最高可达 54.19%,平均为 27.33%, $\alpha(\text{mFe})$ 一般在 15.95%~27.42%,最高可达 43.29%,平均为 18.31%,磁性铁的含量与全铁相差 5~10% 左右,其主要原因为矿石中含有其他类型铁矿,主要为赤褐铁矿,平均 4.18%,其次为菱铁矿、硫铁矿、硅铁矿。

本矿床贫磁铁矿石中的矿石矿物成分复杂,由本次采集矿石物相分析结果(表 2)可知,矿石中碳酸铁(siFe)、硫化铁(sfFe)、硅酸铁(cFe)和赤褐铁、硅酸铁的质量分数之和为全铁(TFe)质量分数, $(\text{siFe} + \text{sfFe} + \text{cFe}) / \text{TFe}$ 比值平均为 5.14%,大于 3%。矿石中磁性铁(mFe)在全铁减掉碳酸铁、硫化铁、硅酸铁之后的占有率,即 $\text{mFe} / (\text{TFe} - \text{siFe} - \text{sfFe} - \text{cFe})$ 平均值为 87.25%,大于 85%。本矿床矿石划分为需选磁性铁矿石(中华人民共和国国土资源部,2003)。

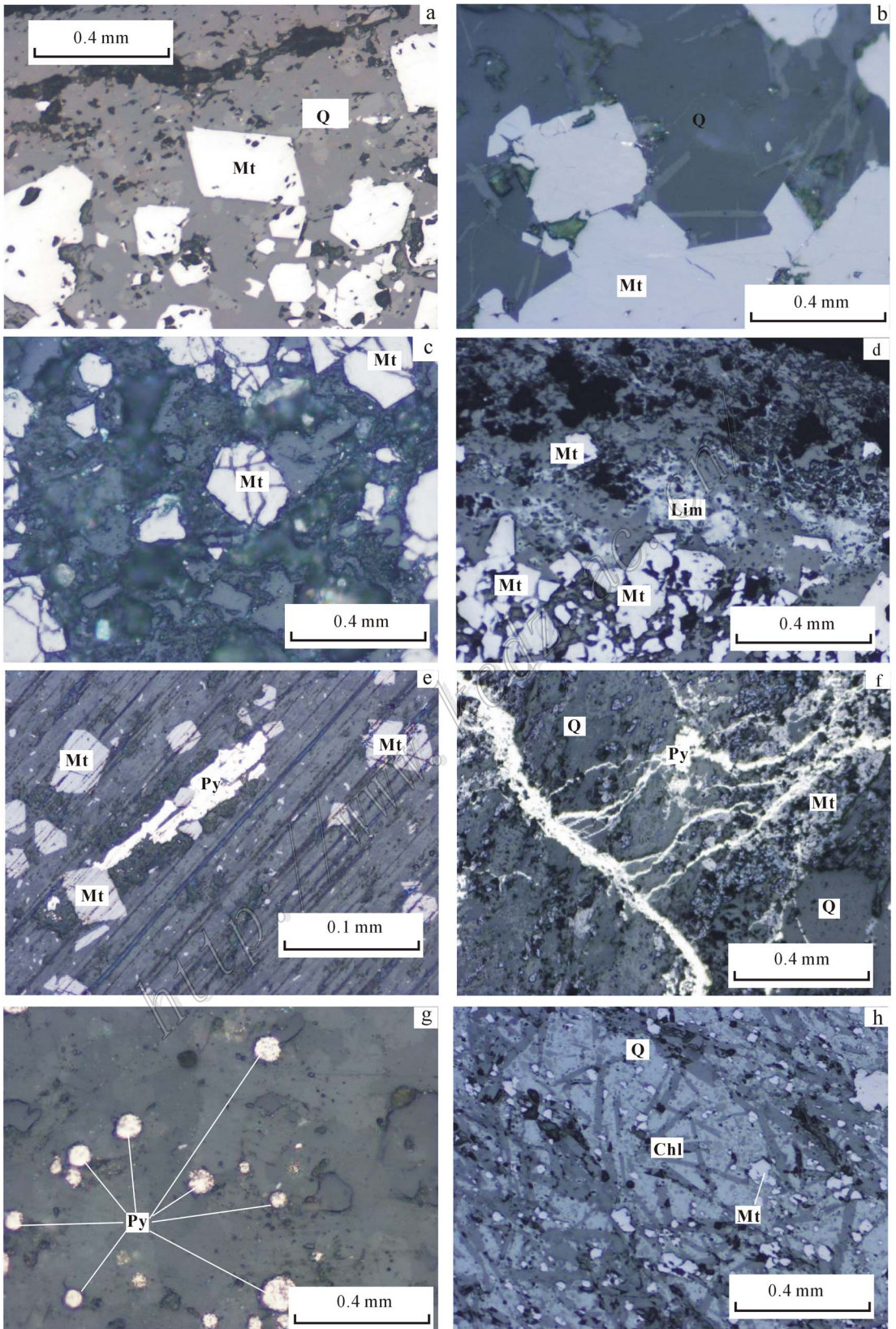


图 3 岩、矿石结构显微照片

a. 磁铁矿呈半自形-他形,少数呈自形粒状结构,反射光;b. 磁铁矿与石英呈镶嵌结构,反射光;c. 磁铁矿呈压碎结构,反射光;d. 磁铁矿边界氧化形成褐铁矿,反射光;e. 黄铁矿呈颗粒呈它形结构分布于石英或磁铁矿颗粒间隙,反射光;f. 黄铁矿呈脉状分布于磁铁矿颗粒间隙,反射光;g. 石英岩中草莓状黄铁矿,反射光;h. 磁铁矿石中石英颗粒内部针状绿泥石,反射光

Fig. 3 Microphotograph of structure of rock and ore

a. Subhedral to anhedral magnetite, a small number of euhedral granular texture, reflected light;b. Mosaic texture of magnetite and quartz, reflected light;c. Crushed magnetite, reflected light;d. Magnetite boundary oxidized to limonite, reflected light;e. Pyrite particles located in the interstitial site of quartz or magnetite particles, reflected light;f. Pyrite assuming pulse-like distribution in the interstitial site of magnetite, reflected light;g. Strawberry pyrite in quartzite, reflected light;h. Acicular chlorite within quartz grains in magnetite ore, reflected light

表 1 迪木那里克铁矿床矿石化学分析结果

Table 1 Composition of major elements of iron ore in the Dimunalike iron deposit

样号	矿体编号	矿石名称	w(B)%														
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O	烧失量	总和
2007Ⅲ ₃ -GS-2	Fe36	条带状磁铁矿石	47.36	0.2	2.85	32.9	8.55	0.196	1.84	1.11	0.18	0.48	0.408	0.19	0.78	3.63	100.674
2007Ⅲ ₃ -GS-3	Fe36	条带状磁铁矿石	48.71	0.38	3	31.72	4.61	2.89	0.08	1.56	2.92	0.16	1.28	0.13	0.24	2.81	100.49
2007Ⅲ ₃ -GS-5	Fe36	条带状磁铁矿石	44.72	0.27	3.43	27.15	9.49	1.35	2.48	2.33	0.21	0.46	0.754	0.31	0.69	6.45	100.094
2008Ⅲ ₆ -GS-10	Fe37	条带状磁铁矿石	34.2	0.53	7.5	31.05	15.07	1.94	2.72	1.15	2.67	0.09	0.34	0.39	0.06	2.91	100.62
2008Ⅲ ₆ -GS-12	Fe37	磁铁矿条带	17.94	0.22	3.05	50.8	21.33	0.154	0	2.83	0.21	0.54	0.19	0.18	0.35	1.95	99.744
2008Ⅲ ₆ -GS-17	Fe36	条带状磁铁矿石	44.26	0.28	2.46	36	9.17	0.09	2.29	0.67	0.317	0.7	0.25	0.07	0.39	2.83	99.777
2008Ⅲ ₆ -GS-19	Fe37	条带状磁铁矿石	61.62	0.18	1.44	24.5	5.66	0.183	1.51	1.26	0.287	0.35	0.43	0.15	0.36	2.7	100.63
2008Ⅲ ₆ -GS-21	Fe37	条带状磁铁矿石	48.3	0.23	0.94	34.4	6.74	0.699	0	3.44	0.115	0.15	1.74	0.6	0.34	2.58	100.274

分析单位:新疆地矿局第三地质大队。硅酸盐岩石化学分析采用原子吸收分光光度方法测定主次元素,仪器型号为原子吸收分光光度仪(GGX-9)紫外可见分光光度仪(UV-1800)

4 矿床成因浅析

石化学特征,根据已取得的岩石化学全分析结果(表3)运用原岩成因类型特征与变质岩石或其组合特征进行类比分析,对矿区岩石进行成因定性判别。

本区主要岩性为浅变质岩,基本反映原岩的岩

采用尼格里的化学计算方法(王任民等,1987),

表 2. 迪木那里克铁矿床矿石磁铁矿物相样分析结果表

Table 2 Ore phases analytical result of the Dimunalike iron deposit

序号	样品编号	采样位置	其中 w(TFe)%							mFe/(TFE-siFe-sfFe-cFe)%	(siFe+sfFe+cFe)/TFe/%
			磁性铁	碳酸铁	硫化铁	赤褐铁	硅酸铁	全铁			
1	2009Ⅲ ₆ -WX-1	TC11101	34.45	0.29	0.11	4.28	0.53	39.66	88.95	2.34	
2	2009Ⅲ ₆ -WX-2	TC1501	37.17	0.23	0.18	4.48	0.99	43.05	89.24	3.25	
3	2009Ⅲ ₆ -WX-3	ZK1503	20.29	1.57	0.16	3.29	0.1	25.41	86.05	7.2	
4	2009Ⅲ ₆ -WX-4	ZK1503	34.38	1.38	0.11	3.71	0.28	39.86	90.26	4.44	
5	2009Ⅲ ₆ -WX-5	ZK1901	27.07	1.66	0.11	3.06	0.21	32.11	89.84	6.17	
6	2009Ⅲ ₆ -WX-6	ZK1901	25.11	1.73	0.15	3.48	0.33	30.80	87.83	7.18	
7	2010Ⅲ ₆ -WX-1	TC4702	31.96	0.66	0.03	3.86	0.37	36.88	89.22	2.87	
8	2010Ⅲ ₆ -WX-2	TC4301	26.4	1.05	0.07	4.48	0.44	32.44	85.49	4.81	
9	2010Ⅲ ₆ -WX-3	TC4301	30.81	0.31	0.04	2.71	0.45	34.32	91.92	2.33	
10	2010Ⅲ ₆ -WX-4	ZK4701	20.98	0.45	0.22	2.45	0.56	24.66	89.54	4.99	
11	2010Ⅲ ₆ -WX-5	TC5501	22.16	0.60	0.04	2.90	0.16	25.86	88.43	3.09	
12	2010Ⅲ ₆ -WX-6	ZK4704	36.40	0.76	0.16	4.76	0.44	42.52	88.44	3.24	
13	2010Ⅲ ₆ -WX-7	ZK4704	39.96	0.46	0.88	6.76	2.32	50.38	85.53	7.28	
14	2010Ⅲ ₆ -WX-8	ZK1603	29.10	0.87	0.59	5.80	0.78	37.14	83.38	6.02	
15	2010Ⅲ ₆ -WX-9	ZK1504	23.40	1.05	0.35	4.90	0.19	29.89	82.69	5.38	
16	2010Ⅲ ₆ -WX-10	ZK1504	22.90	3.15	0.12	6.00	0.35	32.52	79.24	11.58	
平均									87.25	5.14	

分析单位:新疆地矿局第三地质大队。铁物相样分析采用重铬酸钾滴定-紫外可见分光光度法测定,仪器型号为紫外可见分光光度仪UV-1800。

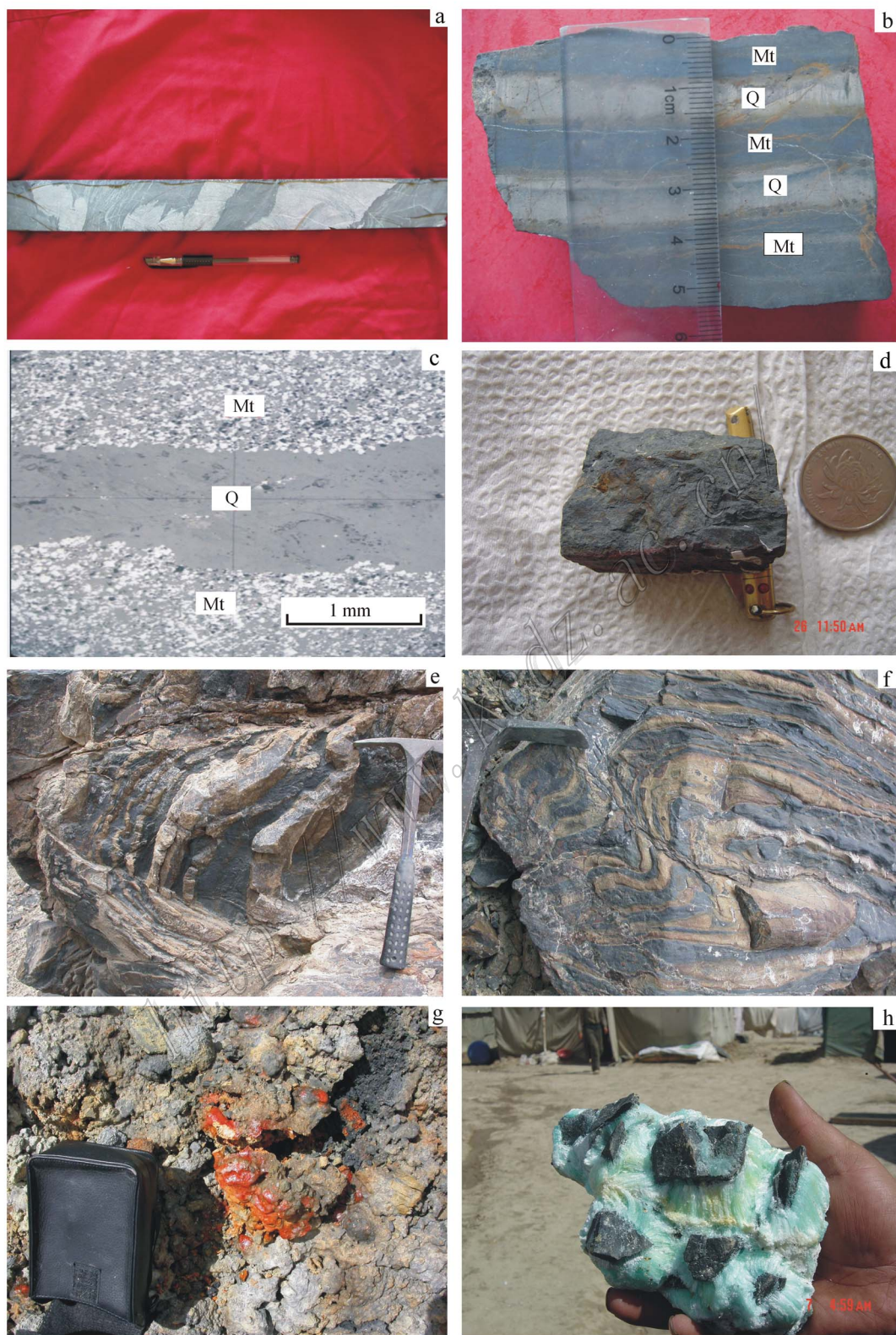


图 4 矿石构造、矿体及围岩蚀变照片

- a. 条带状磁铁矿矿石；b. 条带状磁铁矿矿石；c. 硅铁建造显微条带构造，反射光；d. 块状构造磁铁矿矿石；e. 磁铁矿矿体塑性变形；f. 磁铁矿矿体塑性变形；g. 风化破碎带次生矾类矿物；h. 磁铁化破碎带下部揭露的岩石碎块及矾类矿物

Fig. 4 Photographs of ore structure, ore body and surrounding rocks

- a. Banded magnetite ore; b. Banded magnetite ore; c. BIFs microscopic stripe structure, reflected light; d. Block structure of magnetite ore; e. Plastic deformation of magnetite ore body; f. Plastic deformation of magnetite ore body; g. Weathering shatter zone with secondary alum minerals; h. Rock fragments and alumina minerals exposed in the lower part of magnetite shatter zone

利用“(al-alk)与c关系图解”进行初步判别。18个样品中有14个投入了火成岩区,石英岩、矿体中石英条带、凝灰岩均落入火成岩区,4个样品落入沉积岩区,个别绢云千枚岩、泥灰岩落入黏土-石灰岩混合物区内。矿区岩石矿物成分多为微晶-隐晶质矿物组成,主要含矿绢云千枚岩层顶部可见呈透镜状不规则分布的火山碎屑岩,岩石总体沉积韵律层理较好,成层性强,初步判定迪木那里克铁矿区岩石原岩为火山-陆源碎屑沉积岩。

各种不同成因类型的原岩在成岩过程中,其化学的分异演化特点有着本质不同,根据钾、钠、钙、铝4个造岩元素的地球化学特征,采用以K值(K_2O 与 (K_2O+Na_2O) 的比值)和A值(Al_2O_3 与 $(CaO+Na_2O+K_2O)$ 的比值)作为判别的具体指标的岩石化学计算方法,来区分正、副变质岩,即K-A图解鉴别(图5)。石英岩、磁铁矿石中的石英条带、凝灰岩、辉绿辉长岩均落入火成岩区,而绢云千枚岩、大理岩化泥灰岩落入沉积岩区,显示其原岩分别为泥质-粉

砂质岩石、碳酸盐类岩石。此结论与野外地质观察、矿物岩石观察的结论完全一致。

采用涅洛夫的化学计算方法(王任民等,1987),利用岩矿石中 $(Al_2O_3+TiO_2)$ 与 (SiO_2+K_2O) 与 Σ 其余的比值,对本矿床沉积变质岩的原始沉积环境进行判别(见图6),组分图解中I~Ⅲ为泥质-砂质组合和碧玉铁质岩类岩石的大致化学成分区,除GS-12样品为磁铁矿条带(不含石英条带)外,所有磁铁矿样品均落入了含铁砂岩和含铁石英岩分区中,显示了磁铁矿石是在弱还原、中-碱性的介质环境中沉积形成的。

依据含铁建造原岩特征,矿石组分及其结构构造分析,迪木那里克铁矿为源于古陆蚀源的铁质成分与海底火山喷发的含铁热卤水在浅海-半深海弱还原环境下沉积,经历了氧化作用、浅度区域变质作用及轻微的热液改造,形成受变质的海相火山沉积铁矿床。成矿后大范围的区域变质作用,使已形成的贫铁矿化层位得到进一步富集,后期构造运动促

表3 迪木那里克铁矿岩石化学分析结果表

Table 3 Composition of major elements of rock in the Dimunalike iron deposit

样号	岩石名称	$\alpha(B)\%$														
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O	烧失量	总和
2008Ⅲ ₆ -GS-1	石英岩	94.94	0.17	1.41	0.8	0.63	0.01	0.51	0.49	0.36	0.02	0.02	0.07	0.01	0.34	99.78
2008Ⅲ ₆ -GS-3	绢云千枚岩	33.38	0.5	8.53	4.5	0.54	0.1	4.17	17.33	0.38	2.36	0.22	8.32	2.78	17.47	100.58
2008Ⅲ ₆ -GS-5	泥灰岩	55.14	1.45	21.86	4.4	3.78	0.18	2.08	0	0.54	4.89	0.06	0.13	0.17	4.82	99.5
2008Ⅲ ₆ -GS-6	石英岩	89.36	0.27	3.24	1.6	2.16	0.02	0.61	0.97	0.12	0.36	0.02	0.15	0.03	1.12	100.03
2008Ⅲ ₆ -GS-7	绢云千枚岩	57.56	1.07	21.67	2.35	4.72	0.1	2.5	0.53	0.39	4.5	0.09	0.15	0.06	4	99.69
2008Ⅲ ₆ -GS-8	绢云千枚岩	61.42	1.63	14.03	3.2	3.42	0.13	4.49	1.68	0.23	3.83	0.18	1.97	0.32	3.94	100.47
2008Ⅲ ₆ -GS-9	石英岩	56.34	0.78	12.05	7.3	7.83	0.87	3.62	2.3	4.89	0.15	0.17	0.09	0.12	3.77	100.28
2008Ⅲ ₆ -GS-11	石英条带	74.62	0.03	2.3	8.05	5.17	0.13	0	4.78	0.16	0.16	0.28	0.22	0.12	4.58	100.6
2008Ⅲ ₆ -GS-13	绢云千枚岩	63.56	1.08	12.08	3.75	0.94	0.02	1.41	3.1	0.27	3.78	0.04	4.97	1.35	3.85	100.2
2008Ⅲ ₆ -GS-14	泥灰岩	32.32	0.07	2.14	10.9	1.44	0.24	5.23	14.99	0.12	0.27	0.04	16.68	3.62	11.75	99.81
2008Ⅲ ₆ -GS-15	风化破碎带	42.36	0.72	7.38	11.4	0.45	0.07	1.6	8	1.04	2.12	0.13	15.02	4.7	5.66	100.65
2008Ⅲ ₆ -GS-16	石英岩	93.6	0.23	1.95	0.5	0.81	0.01	1.19	0.75	0.16	0.4	0.02	0.37	0.05	0.54	100.58
2008Ⅲ ₆ -GS-18	石英条带	88.88	0.03	0.34	5.4	1.08	0.04	0.6	1.43	0.04	0.07	0.22	0.1	0.14	1.24	99.61
2008Ⅲ ₆ -GS-20	石英条带	79.52	0.08	0.59	13.5	2.61	0.06	1.12	0.8	0.14	0.13	0.23	0.07	0.14	1.58	100.57
2008Ⅲ ₆ -GS-22	石英条带	63.62	0.17	2.44	22.85	3.82	0.33	0.97	1.22	0.26	0.38	0.5	0.15	0.36	2.66	99.73
2008Ⅲ ₆ -GS-23	凝灰岩	54.54	2.06	15.17	5.4	6.56	0.12	1.36	6.72	3.6	1.62	0.39	0.32	0.15	2.51	100.52
2008Ⅲ ₆ -GS-24	辉绿岩	39.94	6.71	11.93	5.65	11.28	0.16	6.76	9.7	2.16	1.22	0.52	1.05	0.16	3.29	100.53
2008Ⅲ ₆ -GS-25	辉长岩	48.18	6.15	13.47	3.8	9.17	0.19	1.45	9.66	3.81	1.34	1.15	0.17	0.15	1.44	100.13

分析单位:新疆地矿局第三地质大队。硫酸盐岩石化学分析采用原子吸收分光光度方法测定主次元素,仪器型号为原子吸收分光光度仪(GGX-9)紫外可见分光光度仪(UV-1800)。

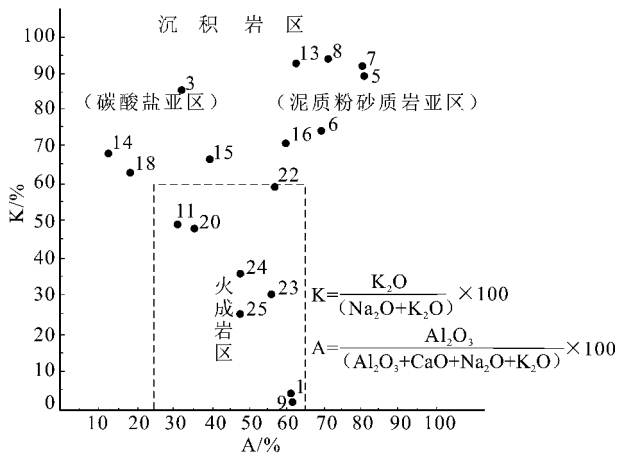


图 5 判别正、副变质岩的 K-A 相关图解 (周世泰, 1981)

Fig. 5 K-A diagram for distinguishing orthometamorphite and parametamorphite (after Zhou, 1981)

使地层再次发生变形变位,同时使矿体随之发生了挤压变形。

5 找矿方向

5.1 找矿标志

(1) 古生代地壳演化拉张阶段形成的裂隙槽,特别是陆侧陆缘地段,为铁矿形成有利地质构造环境。

(2) 古地理环境位于陆侧火山岩围限的沉积盆地,古陆及海底火山喷发供应成矿物质,含铁矿岩层为浅海-半深海弱还原环境的细碎屑岩-细火山碎屑岩建造。

(3) 迪木那里克沉积变质型铁矿带各矿致异常总体表现为带状正磁异常,异常强度多在 200 nT 左右,北侧伴生规模相对较小的负磁异常。两翼近于对称、圆滑规则的尖峰状正异常,异常强度 100~300 nT,当负磁异常北侧出现强度非常大的正磁异常叠加时,负磁异常表现为接近零值的正磁异常,为该类矿床的航磁异常标志。

(4) Fe36、Fe37 矿体具有非常强烈的围岩蚀变及明显的蚀变分带,围岩蚀变矿物主要为褐铁矿,发育较少的由黄铁矿氧化分解而形成的次生矾类矿物,为赭黄色土状黄钾铁矾(图 4g)、浅绿-淡蓝色纤维状水绿矾(图 4h)。这是寻找同类铁矿重要的找矿标志,铁矿产于蚀变带之中,近矿蚀变颜色外观和矿物组合较易识别。

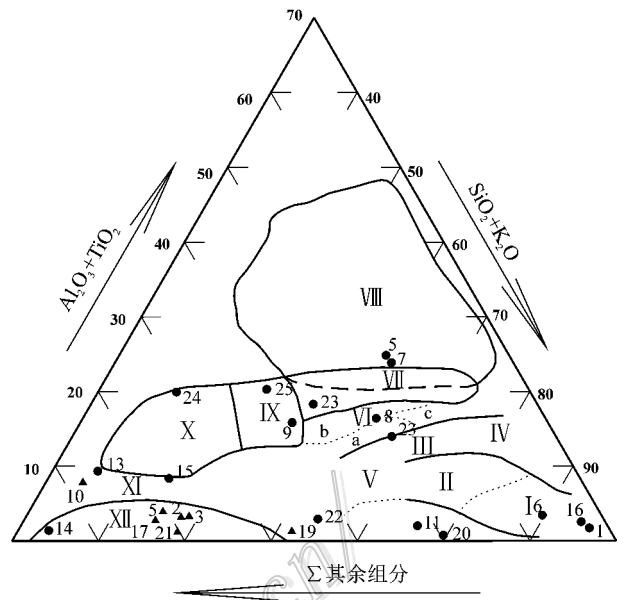


图 6 岩矿石 $(Al_2O_3 + TiO_2) - (SiO_2 + K_2O) - \Sigma$ 其余组分图解 (据王任民等, 1987)

图 6 中 ● 为岩石样品, ▲ 为矿石样品。Σ 其余组分: 其余组分的总量。I—石英砂岩、石英岩; II—少矿砂岩、石英质砂岩; III—复矿砂岩; IV—长石质砂岩; V—钙质砂岩、含铁砂岩等; VI—化学上弱分异的沉积物; VII—化学上中等分异的黏土; VIII—强分异的黏土; IX—碳酸盐质含铁的黏土; X—泥灰岩; XI—硅质泥灰岩, 含铁砂岩等; XII—含铁石英岩

Fig. 6 $(Al_2O_3 + TiO_2) - (SiO_2 + K_2O) - \Sigma$ remaining components diagram of rocks (after Wang et al., 1987)

● Rock samples, ▲ Ore samples. Σ: Total amount of remaining components. I—Quartz sandstone, quartzite; II—Ore-poor sandstone, quartz sandstone; III—Complex ore sandstone; IV—Feldspathic sandstone; V—Calcareous sandstone, iron-bearing sandstones; VI—Weak chemical differentiation sediments; VII—Moderate differentiation of clay; VIII—Clay of strong chemical differentiation; IX—Carbonated iron-bearing clay; X—Marl; XI—Siliceous marl, iron sandstone, etc. XII—Iron quartzite

5.2 找矿方向

从迪木那里克铁矿的成矿地质条件出发,结合矿区外围和区域地质背景,确定找矿方向。在阿尔金南缘大断裂附近,沿断裂带走向,断续分布着一些大小不等的蛇绿混杂岩带残留岩片,此类地区蚀变强烈、铁帽发育,具有找矿远景。

由于迪木那里克铁矿复向斜的主控矿构造未完全控制,Fe36、Fe37 号主矿体向深(北)部延伸,还有待进一步工程控制,其他小矿体的深部控制程度也不够,因此,提高工程控制程度可扩大新增铁矿石资源量。

迪木那里克铁矿外围新发现玉岭铁矿、河肃铁矿、迪木那里克东部异常铁矿带、2196 铁矿点、迪木那里克北部负磁异常铁矿带,可确定迪木那里克“长

沙沟构造蛇绿混杂岩带”复理石岩片中含矿千枚岩层近东西向延伸达 50 km,其间仍分布有大量的未见矿的航磁异常,部分异常中已发现矿化线索,如玉岭铁矿北东部异常北侧山谷中已发现磁铁矿转石,该航磁异常规模形态均与迪木那里克铁矿所在异常相当,具有非常大的找矿前景。

笔者认为迪木那里克沉积变质型铁矿带为阿尔金陆缘地块在加里东期阿尔金南缘大断裂主体形成过程中的残留地质体,迪木那里克式沉积变质型铁矿很有可能出现在阿尔金陆缘地块的部分地层中。由于该区域地形条件极差,地质工作程度较低,应重点关注阿尔金山北坡尧勒萨依—吐格曼什萨依地区的串珠状、带状航磁异常,该地区找矿前景较好。

参考文献/References

丁海波,张朋,杨晓飞,余兵,周福新. 2013. 新疆东昆仑迪木那里克铁矿床及其外围找矿新发现[J]. 矿床地质, 32(1): 122-132.

胡克亮,扎晨艳,刘迪,王建国. 2010. 东昆仑迪木那里克铁矿床地质特征简析[J]. 新疆有色金属(1): 12-14.

胡秀军,夏昭德,丁海波,张朋. 2011. 东昆仑迪木那里克铁矿地质

特征与找矿标志[J]. 亚热带资源与环境学报(2): 49-53.

刘友明. 2008. 新疆且末县迪木那里克铁矿矿床地质特征与矿床学研究[学士论文][D]. 导师:徐启东. 中国地质大学. 24页.

毛德宝,钟长汀,牛广华,王杰,王克卓,王宏君,李智明. 2006. 阿尔金成矿带成矿规律与找矿预测[J]. 西北地质, 39(2): 114-127.

石福品,陈登辉,张海军. 2010. 新疆且末县迪木那里克铁矿床地质特征与找矿潜力分析[J]. 西北地质, 43(4): 203-208.

覃小锋,李江,陆济璞,许华,胡贵昂,周府生,李乾. 2006. 阿尔金碰撞造山带西段的构造特征[J]. 地质通报, 25(1~2): 104-115.

覃小锋,夏斌,李江,陆济璞,许华,周府生,胡贵昂,李乾. 2007. 阿尔金南缘构造带西段早古生代绿片岩的地球化学特征及构造环境[J]. 中国地质, 34(5): 799-807.

王任民,贺品高,陈珍珍,等. 1987. 变质岩原岩图解判别法[M]. 北京:地质出版社.

吴益平,张照伟,张小梅,李艳阳,李永寿. 2007. 新疆昆仑山北缘一带含金硅铁建造中金矿床特征及找矿标志[J]. 西北地质, 40(4): 17-25.

中华人民共和国国土资源部. 2003. 中华人民共和国地质矿产行业标准《铁、锰、铬矿地质勘查规范(DZ/T0200-2002)》[M]. 北京:地质出版社. 1-43.

周世泰. 1981. 恢复变质岩原岩的一种岩石化学方法——图解法[J]. 辽宁地质学报. 1981(1): 178-187.