

青海省都兰地区矽卡岩型铁多金属矿地质特征及成矿规律

张占玉^{1,2}, 张永胜², 李华², 钟良燕², 于德利³, 刘光莲², 石天成²

(1. 中国地质大学(北京),北京 100083;2. 青海省第三地质矿产勘查院,青海西宁 810008

3. 青海省水文地质工程地质环境地质调查院,青海西宁 810008)

[摘要]青海省都兰地区位于东昆仑成矿带东段、祁漫塔格-都兰构造岩浆带中,发育矽卡岩型铁多金属矿。本文基于详细的区域地质和矿床地质特征描述,总结了矽卡岩型铁多金属矿床的主要控矿因素、成矿规律和成矿模式,提出主要找矿标志。认为该类矿床大多产于中酸性花岗质侵入岩与寒武系-奥陶系滩间山群和石炭系地层接触带及外接触带部位,中-晚三叠世是主要成矿期,滩间山群或石炭系碳酸盐岩或含钙、镁质成分较高的泥砂质沉积建造、印支期中酸性花岗岩、磁异常、NW 或 NE 向断裂构造是区域上最佳的矿产预测要素组合,具有良好的找矿前景。

[关键词]矽卡岩型铁多金属矿 矿床地质 成矿规律 成矿模式 青海都兰地区

[中图分类号]P624.6 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2011)06-994-8

Zhang Zhan-yu, Zhang Yong-sheng, Li Hua, Zhong Liang-yan, Yu De-li, Liu Guang-lian, Shi Tian-cheng. Geological characteristics and metallogenic regularities of the skarn iron polymetallic deposits in the Dulan area, Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(6): 994-1001.

青海省都兰地区位于东昆仑成矿带东段、NNW 向布尔汉布达山和 NNW 向鄂拉山之间。近年来,随着新一轮国土资源大调查的实施和地质找矿工作的深入开展,该区陆续发现并勘查出多处矽卡岩型和斑岩型铁铜多金属矿、造山型金矿和 VMS 型铜钴矿,如五龙沟金矿(张德全等,2001;李厚民等,2001;丰成友等,2003,2004a,b;张廷斌等,2009)、果洛陇洼金矿(杨小斌等,2006;杨宝荣等,2007)、托克妥铜金矿(李东生,2001)、督冷沟铜钴矿(潘彤等,2004)、赛钦铜钴矿等。尤其值得注意的是,这里矽卡岩型铁多金属矿床、矿点更是密集分布,总体上,目前对这些矿床勘查和研究程度还比较低,区域上,丰成友等(2010,2011)、吴健辉等(2010)在对柴达木盆地南缘祁漫塔格-鄂拉山地区成矿规律和斑岩型-矽卡岩型矿床地质研究时有所涉及。本文借助于在该区开展的全国矿产资源潜力评价工作,对矽卡岩型铁多金属矿的地质特征和成矿规律进行了系统总结,以期指导该类型矿床的找矿勘查工作。

1 区域成矿地质背景

青海省都兰地区位于青海省的西部,是中央造山带的西部成员—秦祁昆造山系的一部分,经历了早古生代和晚古生代-早中生代的复合造山作用,发育多期(次)岩浆活动和成矿作用(潘裕生等,1996;殷鸿福等,1997;姜春发等,2000;张德全等,2001;张雪亭等,2007)。区域上自北向南可划分出 6 个次级构造岩浆带,即 I - 柴北缘(E_3-S)、II - 柴达木地块(Pt_1)/盆地(J-N)、III - 祁漫塔格-都兰(E_3-T)、IV - 东昆仑北坡(O-T)、V - 东昆仑南坡(O-T)、VI - 宗务隆山-鄂拉山(C-T₃)(图 1),本文所研究的区域位于祁漫塔格-都兰构造岩浆带中,隶属于东昆仑弧盆系(也称东昆仑造山带)(潘桂棠等,2009),其在前寒武纪基底上,经历了早古生代洋盆开合和加里东期褶皱造山,以及晚古生代-早中生代特提斯洋盆开合和晚华力西期-印支期的褶皱造山作用。

[收稿日期] 2011-04-15; [修订日期] 2011-07-06; [责任编辑] 郝倩倩。

[基金项目] 中国地质调查局地质调查项目(编号:1212010881636)资助。

[第一作者] 张占玉(1969 年-),男,中国地质大学(北京)地质工程专业硕士研究生,高级工程师,主要从事地质勘查工作。E-mail: qhzhy@163.com。

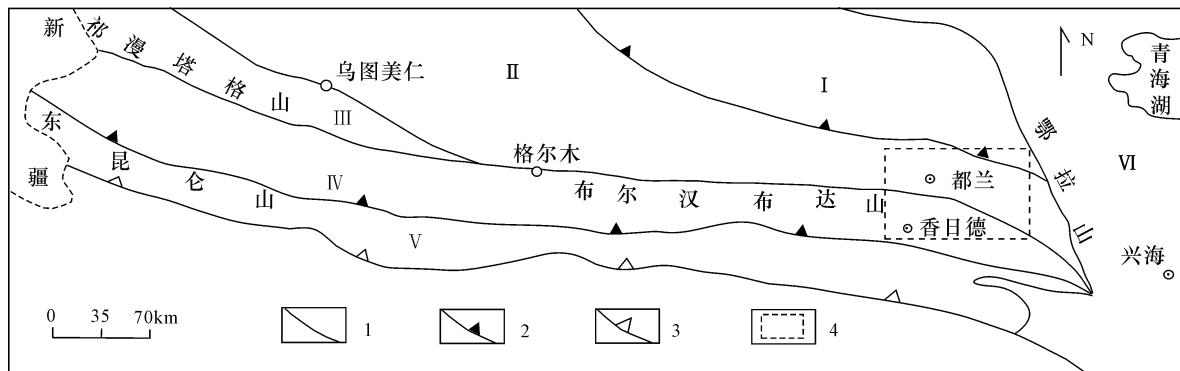


图1 青海省都兰地区区域构造略图

Fig. 1 Sketch map showing regional structure in the Dulan area, Qinghai Province

1-构造岩浆带边界;2-早古生代缝合带主断裂;3-晚古生代缝合带主断裂;4-研究区范围;构造岩浆带:I-柴北缘(E_3-S);II-柴达木地块(Pt_1)/盆地(J-N);III-祁漫塔格-都兰(E_3-T);IV-东昆仑北坡(O-T);V-东昆仑南坡(O-T);VI-宗务隆山-鄂拉山(C-T₃)

1-boundary of tectonic-magmatic belts; 2-main faults of early Paleozoic suture; 3-main faults of late Paleozoic suture; 4-study area; Tectonic-magmatic belt:I-northern margin of the Qaidam block(E_3-S); II-Qaidam block(Pt_1)/basin(J-N); III-Qimantag-Doulan area(E_3-T); IV-north slope of East Kunlun(O-T); V-south slope of East Kunlun(O-T); VI-Mountain Zongwu-Mountain Ela(C-T₃)

区域出露地层主要为古元古界金水口岩群,作为前寒武系结晶基底呈零星块体常见于东昆仑北坡构造带,岩性由各种片麻岩、片岩、混合花岗岩、大理岩、角闪岩等组成;早古生界滩间山群岛弧型火山-沉积岩系,广泛出露于祁漫塔格-都兰构造岩浆带,下部以绿片岩为主,夹结晶灰岩、碎屑岩,中上部为砂岩、粉砂岩,夹中基性火山岩;石炭系地层零星分布于都兰周边地区,由碎屑岩和碳酸盐岩组成。此外,晚三叠统鄂拉山组陆相火山岩广泛分布。

区内断裂构造非常发育,以近EW向、NW向和NE向断裂为主。由于岩浆活动侵位和后期断裂构造破坏,褶皱形态不完整。

在祁漫塔格-都兰和东昆仑北坡构造带内,岩浆侵入活动强烈,出露面积较大,从超基性-酸性岩均有出露,但以中酸性岩类为主,时代以华力西期和印支期为主(图2)。其中,印支期可分为中三叠世和晚三叠世,前者的SiO₂含量介于51.73%~73.59%之间,Na₂O>K₂O,Al₂O₃>CaO+Na₂O+K₂O;后者Al₂O₃>CaO+Na₂O+K₂O,铝过饱和指数ASI=1.02~1.39,里特曼指数σ=1.38~2.98,碱指数KN/A=0.44~0.98,Na₂O<K₂O,岩石地球化学特征表明两者均系高钾钙碱性系列岩石。

2 矽卡岩型铁多金属矿地质特征-以白石崖矿床为例

2.1 矿区地质

矿区出露地层主要为下石炭统大干沟组和上石

炭统缔敖苏组,因受第四系严重覆盖,两者均零星出露,总体上地层倾向NE或SE,倾角40°~60°。下石炭统大干沟组为一套礁碳酸盐岩建造,主要岩性为大理岩、结晶灰岩、生物碎屑灰岩夹泥砂岩、页岩等。上石炭统缔敖苏组为一套生物碎屑亮晶碳酸盐岩建造,其下部为砂砾岩、钙质粉砂岩、石英砂岩,厚度约10 m左右;中部为结晶灰岩;上部为生物碎屑、含砂砾屑生物灰岩,反映为一套浅海-滨海相不稳定沉积环境。其中,下石炭统大干沟组碳酸盐岩建造对成矿更为有利,为主要的含矿层位。

断裂构造发育,但由于地表覆盖原因,对其几何学和运动学特征观察较为困难,多数断裂构造空间位置属推测性质,根据控矿断裂与工程控制矿体走向关系判断,控矿构造以NNE向逆断层和NW向层间破碎带为主。矿区总体为一背斜构造,轴向NNW向,长约8 km,沿轴部有岩体侵入,由于岩体侵位破坏,褶皱形态特征保留不够完整。

矿区内地质构造非常发育,呈岩基状和不规则岩株状产出,岩石类型包括花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、黑云母花岗岩、钾长花岗斑岩、石英闪长斑岩、英安岩等。其中,花岗闪长(斑)岩与铁多金属成矿关系最为密切(图3)。据花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、钾长花岗斑岩、黑云母花岗岩等的同位素年龄测定,介于206~223 Ma之间,形成于印支期。

2.2 矿体地质特征

铁多金属矿体主要产于印支期中酸性侵入体外接触带和地层层间破碎带中,以岩体顶部或旁侧接触

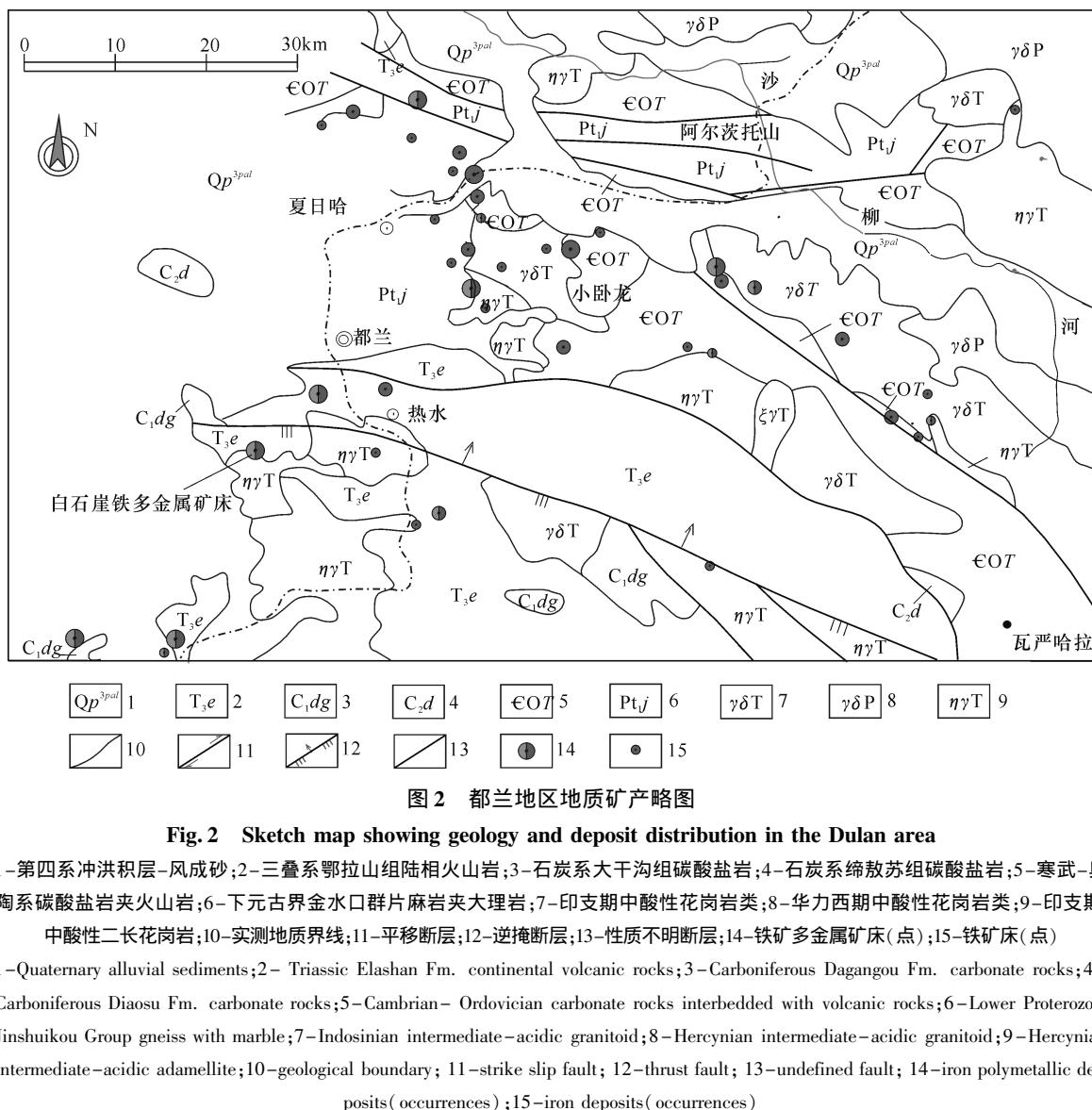


图 2 都兰地区地质矿产略图

Fig. 2 Sketch map showing geology and deposit distribution in the Dulan area

1—第四系冲洪积层-风成砂;2—三叠系鄂拉山组陆相火山岩;3—石炭系大干沟组碳酸盐岩;4—石炭系缔敖苏组碳酸盐岩;5—寒武-奥陶系碳酸盐岩夹火山岩;6—下元古界金水口群片麻岩夹大理岩;7—印支期中酸性花岗岩类;8—华力西期中酸性花岗岩类;9—印支期中酸性二长花岗岩;10—实测地质界线;11—平移断层;12—逆掩断层;13—性质不明断层;14—铁矿多金属矿床(点);15—铁矿床(点)

1—Quaternary alluvial sediments;2—Triassic Elashan Fm. continental volcanic rocks;3—Carboniferous Dagangou Fm. carbonate rocks;4—Carboniferous Diaosu Fm. carbonate rocks;5—Cambrian- Ordovician carbonate rocks interbedded with volcanic rocks;6—Lower Proterozoic Jinshukou Group gneiss with marble;7—Indosinian intermediate-acidic granitoid;8—Hercynian intermediate-acidic granitoid;9—Hercynian intermediate-acidic adamellite;10—geological boundary;11—strike slip fault;12—thrust fault;13—undefined fault;14—iron polymetallic deposits(occurrences);15—iron deposits(occurrences)

带为主,岩体顶部凹陷处矿体往往变厚变富。大多数矿体为隐伏矿体,呈似层状、脉状、透镜状、囊状、不规则状,沿走向亦有分枝现象。走向 NW,倾向 NE 或 SE,倾角多为 $40^\circ \sim 60^\circ$,最大矿体走向长 744 m,厚 10.14 m,延深 210 m。成矿元素主要有 Fe、Pb、Zn,另含有 Ag、Cd、In 等有用组分,且垂向上具分带性,上部以铅锌矿为主,Pb 品位 $0.40 \times 10^{-2} \sim 10.18 \times 10^{-2}$,平均 1.81×10^{-2} ,Zn 品位 $0.50 \times 10^{-2} \sim 11.28 \times 10^{-2}$,平均 4.28×10^{-2} ;下部以铁矿为主,倾向随岩体接触带产状而变化,TFe 平均品位 42.34×10^{-2} 。矿石为典型的矽卡岩矿石,主要矿物为磁铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、含少量黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿及微量黝铜矿等;脉石矿物有石英、绿泥石、透闪石、石榴子石、透辉石、方解石、蛇纹

石、绿帘石、滑石、斜长石等。矿石结构主要为细粒半自形结构、自形-半自形粒状结构、中粒半自形-它形结构;矿石构造主要为块状、稀疏-稠密浸染状、细脉状、团块状、条带状。围岩蚀变发育,有绿帘石化、绿泥石化、蛇纹石化、绢云母化、碳酸盐化,其中,蛇纹石化、绿泥石化等矽卡岩化与铁多金属矿化关系密切。

2.3 矿床成矿模式

通过典型矿床解剖和相似矿床(点)的成矿地质构造环境、主要控矿因素、矿床三度空间分布特征、矿石物质组分、成矿期次、成矿时代、矿床成因等因素的分析与研究,结合矽卡岩型铁多金属矿的成矿特点,总结出白石崖典型矿床的成矿模式如图 4。

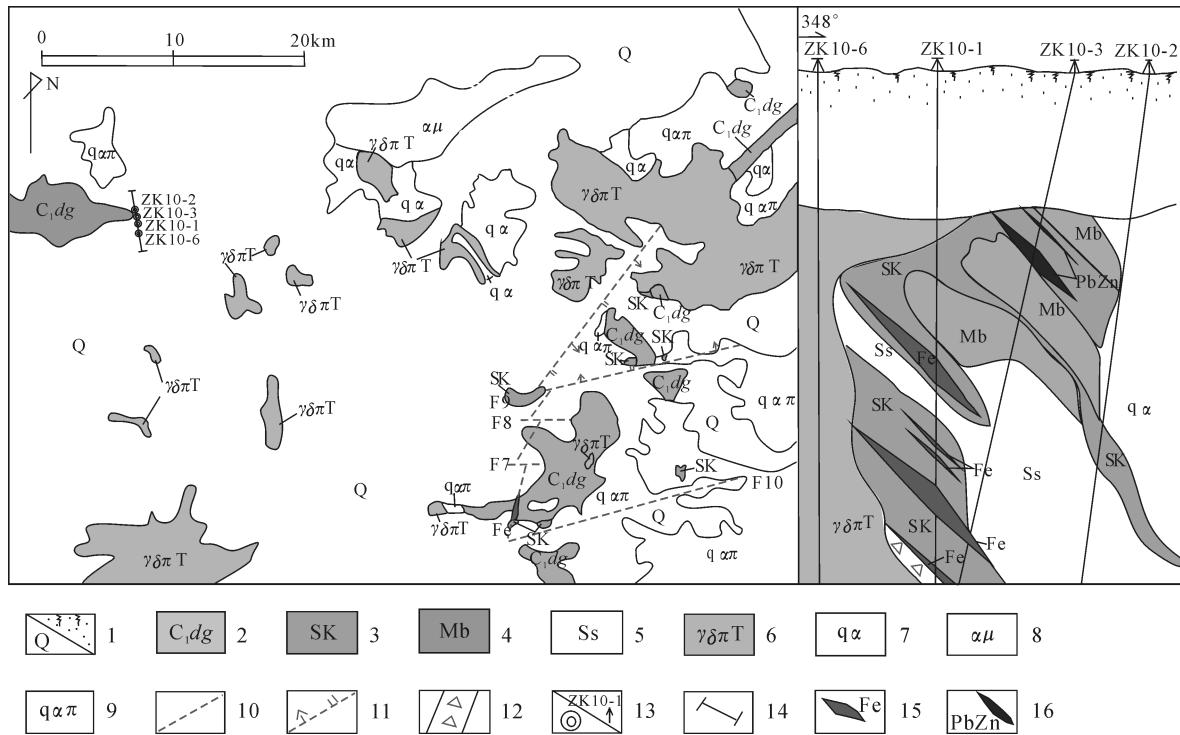


图3 白石崖矿区平剖面示意图

Fig. 3 Sketch map showing plane and profile of the Baishiya deposit

1—第四系冲洪积—风积物;2—石炭系大干沟组碳酸盐岩;3—矽卡岩;4—大理岩;5—砂页岩;6—三叠纪花岗闪长斑岩;7—英安岩;8—英安斑岩;9—闪长玢岩;10—推断断层;11—推断正断层;12—断层破碎带;13—钻孔位置及编号;14—勘探线及编号;15—铁矿体;16—铅锌矿体
1—Quaternary alluvial sediments;2—Carboniferous Dagangou Fm. Carbonate rocks;3—skarn;4—marble;5—sandstone and shale;6—Triassic granodiorite;7—dacite;8—dacite porphyry;10—inferred fault;11—inferred normal fault;12—fracture zones;13—drilling hole and number;14—prospecting line and number;15—iron body;16—lead-zinc body

3 控矿因素分析

3.1 大地构造环境及演化

综合考虑都兰地区区域各类矿床(点)形成的大地构造环境、控矿条件、各类成矿地质作用演化过程并考虑已知矿产地的成矿时代和时空分布规律,总结出都兰地区铁多金属矽卡岩型矿产形成的大地构造演化过程(图5)。

- (1) 古元古代时期柴达木陆块、欧龙布鲁克微陆块开始裂解,出现了洋壳,并且接受了新的沉积;
- (2) 晚元古代开始至早古生代阶段,柴达木陆块和欧龙布鲁克微陆块一直处于隆起剥蚀状态,局部形成洋盆接受海相沉积;
- (3) 早古生代末—晚古生代初期,东昆仑、柴达木陆块、欧龙布鲁克地区早期陆块开始裂解,并伴有中酸性岩浆侵入及火山喷发活动;
- (4) 从晚古生代开始至中生代早、中期东昆仑、柴达木、欧龙布鲁克地区一直处于造山阶段,在持续挤压作用下融为一体,并伴有大量中酸性岩浆侵入

及火山喷发活动。这一时期也是都兰地区矽卡岩型铁多金属矿形成的鼎盛时期。

3.2 地层对成矿的影响

通过对白石崖铁多金属矿等的围岩成矿条件研究表明,所有矽卡岩型铁多金属矿床(点)几乎均围绕寒武系—奥陶系滩间山群和石炭系大干沟组、缔敖苏组地层分布,少数铁多金属矿床(点)产在下元古界金水口群地层中。进一步分析其地层条件不难发现,铁多金属矿床(点)的形成均与各地质历史时期形成的碳酸盐岩或含钙、镁成分较高的泥砂质沉积建造密切相关。从成矿的有利程度看,早古生代寒武系—奥陶系滩间山群地层对成矿最为有利,其次为石炭系和古元古界金水口群地层。

3.3 岩浆岩与成矿的关系

都兰地区地处东昆仑北部岩浆弧内,岩浆活动强烈而频繁,从加里东期—燕山期都有。但通过深入细致研究发现,三叠世(T_2 、 T_3)中酸性侵入岩浆活动与成矿关系最为密切。主要岩石类型有灰绿色

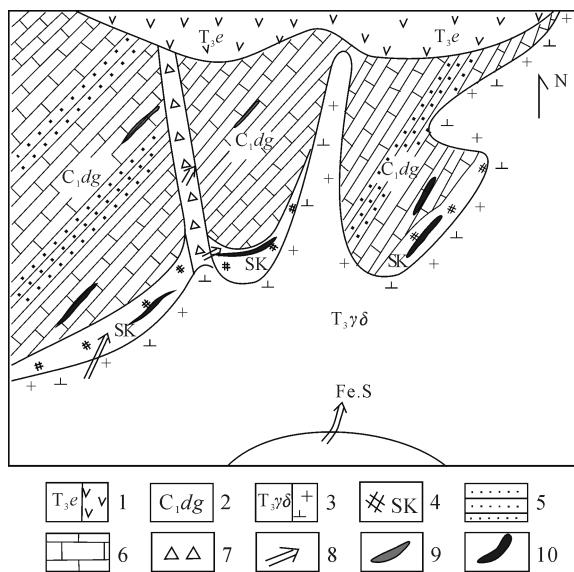


图 4 白石崖式铁矿成矿模式图

Fig. 4 Metallogenic model of the Baishiya-type iron deposit

1—晚三叠世鄂拉山陆相火山岩建造;2—早石炭世大干沟组砂岩—碳酸盐岩建造;3—晚三叠世闪长岩—花岗闪长岩;4—矽卡岩;5—砂岩;6—结晶灰岩;7—断裂破碎带;8—岩浆热液;9—铅锌矿体;10—铁矿体

1—late Triassic Elashan continental volcanic rock formation;2—early Carboniferous Dagangou Fm. Sandstone and carbonate rock formation;3—late Triassic diorite—granodiorite;4—skarn;5—sandstone;6—crystallized limestone;7—fracture zones;8—magmatic hydrothermal fluid;9—lead—zinc body;10—iron body

闪长岩、花岗闪长岩、花岗闪长斑岩、细粒花岗岩、斜长花岗岩、黑云母花岗岩、似斑状二长花岗岩、花岗岩等。通过岩石化学分析大致可划分为两个岩石系列, T_2 为高钾钙碱性系列, T_3 为偏铝质高钾钙碱性系列, 偏铝质高钾钙碱性系列岩石对成矿更为有利。

3.4 构造对成矿的控制作用

总体来看,都兰地区构造对成矿的控制作用主要表现在:(1)所有铁多金属矿床(点)均集中分布于东昆仑北部岩浆弧和祁漫塔格沟弧系带内,受两组或两组以上构造交汇部位的控制;(2)导矿构造一般是规模大、切割深的 NW 向和近 EW 向断裂;(3)容矿构造是 NE—NEE 向、NW 向、近 SN 向断裂,层间断裂、层间破碎带、岩体中的破碎带、节理、裂隙、岩体与围岩接触带、背斜和向斜构造的轴部及翼部,特别是在褶皱过程中因岩性差异,两种岩性地层间发生虚脱的空隙部位。

4 成矿规律及成矿模式

时间上,中—晚三叠世是都兰地区的主要成矿

期,多形成接触交代型铁多金属矿床(点),如白石崖矽卡岩型铁多金属矿床。从各类矿床(点)的成矿特点看,前期形成的矿床(点)不同程度受到后期成矿作用的叠加—改造,使之矿床具有复成因或成矿多样性特征。

空间上,东昆仑北部岩浆弧带中铁多金属矿床(点)分布最为集中,主要围绕滩间山群和石炭系地层分布。矿化元素组合从南到北大致呈 $\text{Fe}(\text{PbZn}) \rightarrow \text{PbZn} \rightarrow \text{Fe}(\text{SnW}) \rightarrow \text{Fe}(\text{CuPbZn})$ 的趋势变化。

成矿元素共生组合规律上,都兰地区矽卡岩型铁多金属矿床(点),除产在古元古界金水口群地层中的铁矿共(伴)生物质组分较单一之外,其他产在奥陶系—志留系滩间山群和石炭系地层中的铁矿床(点)共(伴)生物质组分均较复杂, Fe 常与 Pb 、 Zn 、 Cu 、 Sn 、 W 、 Mo 、 Bi 、 Co 、 Cd 、 Ag 、 Au 等成矿元素密切相伴,有些成矿元素如 Pb 、 Zn 、 Cu 、 Sn 可形成独立矿体,大多数与铁形成复合矿体。研究表明,铁矿体与其他独立的多金属矿体垂向和水平方向上表现出一定的分带性,即平面上铁多金属矿体一般产在中酸性岩体与碳酸盐岩地层的接触带附近,远离岩体一般能形成独立的多金属矿体;垂向上一般表现出上部以铅锌多金属矿为主,下部以铁矿为主。矿石矿物组合主要为磁铁矿、镜铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、毒砂等;脉石矿物有石榴石、透辉石、方解石、石英等。

成矿模式简述如下:中酸性含矿岩浆侵位后,在能量驱动机制下,从岩浆热液和碳酸盐岩或含钙、镁成分较高的地层中析出 Fe 、 Pb 、 Zn 、 Cu 等金属元素融入于成矿热液中,在岩体接触带附近或较远离岩体的岩性界面、破碎带、层间滑脱带等构造有利部位运移,并发生双交代作用。当物理化学条件一旦发生改变时,成矿元素不断发生沉淀、富集成矿,就位于岩石组合及构造有利部位的矽卡岩带(图 6)。

5 主要找矿标志

直接找矿标志:(1)地表经氧化形成的赤红色氧化带;(2)中酸性岩体与碳酸盐岩地层接触带构造;(3)矿化矽卡岩带,一般沿侵入体与地层接触带常形成一定范围的角岩化带或矽卡岩化带,当岩体侵位时地层和岩体同时受侧向应力作用的影响,往往岩体内、外接触带发生破碎蚀变带,主要蚀变矿物组合有石榴石、透辉石、阳起石、直闪石、透闪石、绿泥石等。一般而言,蚀变越强,蚀变范围越大,铁多金属矿体规模越大,矿石品位越富。

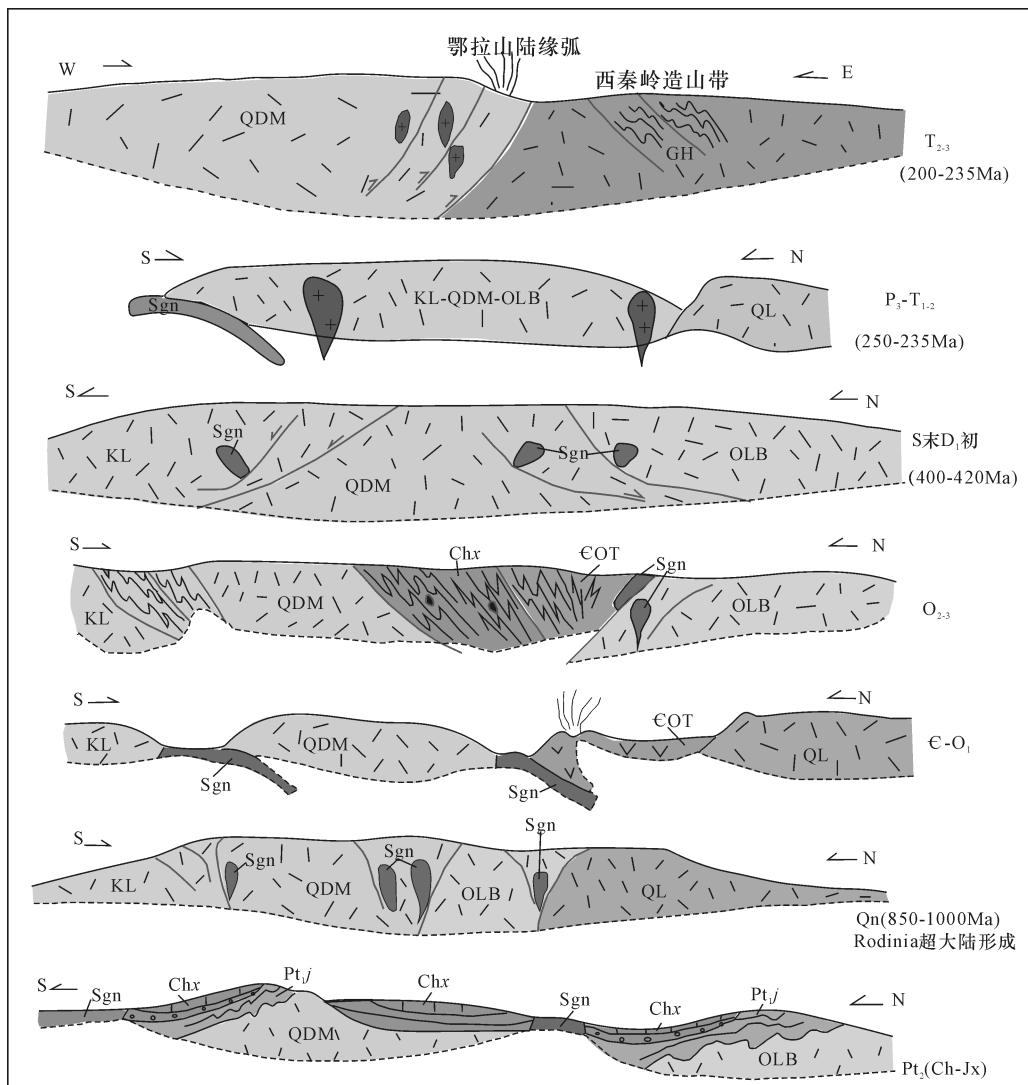


图5 大地构造演化模式示意图(据1:25万区域地质调查图)

Fig. 5 Schematic diagram showing regional tectonic evolution (modified from 1:250 000 Regional survey result of Institute of Geology, Tianjin)

OLB-欧龙布鲁克微地块;QDM-柴达木地块;QL-中南祁连弧盆系;KL-东昆仑弧盆系;GH-共和地块;Pt_{1,j}-古元古代金水口岩群;

Chx-小庙岩组;Sgn-中新元古代沙柳河片麻岩;€ OT-滩间山岩群

OLB-Oulongbuluke micro-plate;QDM-Qaidam block;QL-Central south Qilian arc-basin system;KL-East Kunlun arc-basin system;GH-Gonghe block;Pt_{1,j}-Paleoproterozoic Jinshukou Group;Chx-Xiaomiao Fm.;Sgn-middle-late Proterozoic Shaliuhe gneiss;€ OT-Cambrian-Ordovician Tanjianshan Group

间接找矿标志:(1) 物探圈定的甲、乙类异常一般强度高,梯度陡,形态规则且多数正、负异常相伴出现。当矿体埋藏较浅时,幅值一般1000nT以上,个别可达10000nT;当矿体埋藏较深时,梯度较缓,强度低,一般在1000nT以内。(2) 矽卡岩型铁矿中常共(伴)有多金属矿化,因此,Pb、Zn、Cu、Sn、W、Mo、Bi、Co、Cd、Ag等元素化探异常可作为间接找矿的标志。

6 结论

(1) 青海省都兰地区矽卡岩型铁多金属矿大多

产于中酸性花岗质侵入岩与寒武系-奥陶系滩间山群和石炭系地层接触带及外接触带部位,中酸性侵入岩和碳酸盐岩或含钙、镁质成分较高的泥砂质沉积建造是该类矿床重要的成矿要素。

(2)结合区域成岩成矿年代学研究成果,印支期尤其是中-晚三叠世是都兰地区矽卡岩型铁多金属矿床的主要成矿期,该成矿期主要成矿作用均与该期中酸性侵入岩浆活动密切相关。因此,加强该区侵入岩微观特征综合研究,准确划分与成矿有关的中酸性侵入岩类空间分布,并结合与成矿地层共存关

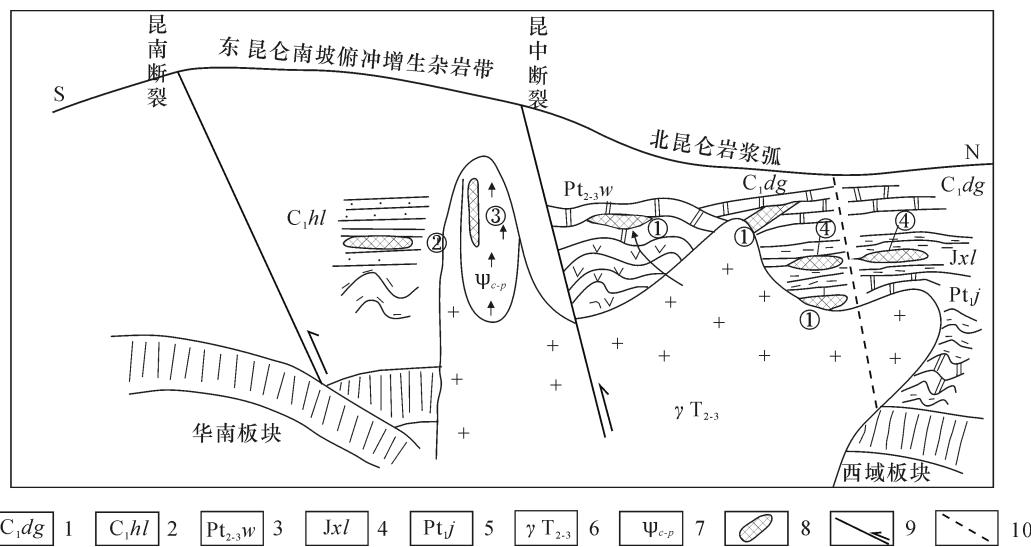


图 6 都兰县地区铁多金属矿综合区域成矿模式图

Fig. 6 Regional comprehensive metallogenic model of the iron polymetallic deposit in the Dulan area

1—石炭系大干沟组;2—石炭系哈拉郭勒组;3—上元古界万宝沟群;4—蓟县系狼牙山组;5—下元古界金水口岩群;6—印支期花岗岩;7—华力西期辉石岩;8—矿床及成因类型:①白石崖式矽卡岩型铁矿;②上龙岗式沉积型铁矿;③达尔乌拉式岩浆分异型;9—断裂;10—推断断裂位置
1—Carboniferous Dagangou Fm.; 2—Carnoniferous Halaguole Fm.; 3—Upper Proterozoic Wanbaogou Group; 4—Langyashan Fm.; 5—Jinshukou Group of lower Proterozoic; 6—Indosinian granitoid; 7—Hercynian pyroxenite; 8—deposit and genetic type: ① Baishiyan-type skarn iron deposit; ② Shanglonggang-type sedimentary-metamorphic iron deposit; ③ Daerwula-type mafic differentiation iron deposit; 9—fault; 10—ferred fault

系进行有效区域预测是找矿成功与否的关键所在。

(3)都兰地区铁与铅锌铜多金属矿密切共生,且以磁铁矿为主,因此,利用磁异常寻找铁多金属矿十分有效,特别是正、负磁异常的过渡带往往是找矿的最佳有利部位。滩间山群或石炭系地层+印支期中酸性花岗岩+磁异常+NW 或 NE 向断裂构造,是区域上最佳的预测要素组合。

[References]

Feng Cheng-you, Zhao Yi-ming, Li Da-xin, Liu Jian-nan, Xiao Ye, Li Guo-cheng, Ma Sheng-chao. 2011. Skarn types and main mineralogical characteristics of the Fe-Cu-polymetallic Skarn Deposits in the Qimantage Area, Western Qinghai Province [J]. Acta Geologica Sinica, 85(7): 1108-1115 (in Chinese with English abstract)

Feng Cheng-you, Li Dong-sheng, Wu Zheng-shou. 2010. Major types, time-space distribution and metallogenesis of polymetallic deposits in the Qimantage metallogenic belt, eastern Kunlun area [J]. Northwestern Geology, 43(4): 10-17 (in Chinese with English abstract)

Feng Cheng-you, ZhanG De-quan, Wang Fu-chun. 2004a. Multiple orogenic process and geological characteristics of the major orogenic gold deposits [J]. Acta geoscientica sinica, 25 (4): 415-422 (in Chinese with English abstract)

Feng Cheng-you, Zhang De-quan, Li Da-xin, She Hong-quan. 2003. Sulfur and lead isotope geochemistry of the orogenic gold deposits in East Kunlun Area, Qinghai Province [J]. Acta geoscientica sinica, 24 (6): 593-598 (in Chinese with English abstract)

Feng Cheng-you, Zhang De-quan, Wang Fu-chun, Li Da-xin, She Hong-quan. 2004b. Geochemical characteristics of ore-forming fluids

from the orogenic Au (and Sb) deposits in the eastern Kunlun area, Qinghai province [J]. Acta Petrologica Sinica, 20 (4): 949-960 (in Chinese with English abstract)

Jiang Chun-fa, Wang Zong-qí, Li Jing-yi. 2000. Opening-closing tectonics of central orogenic belt [M]. Beijing: Geological Publishing House; 1-154 (in Chinese with English abstract)

Li Dong-shen. 2001. Relationship between Tuoketuo Ring structure and copper mineralization and prospecting direction [J]. Qinghai geology, 41-43, 47 (in Chinese with English abstract)

Li Hou-min, Shen Yuan-chao, Hu Zheng-guo, Qian Zhuang-zhi. 2001. Minerogenetic mechanism and condition of Wulonggou gold deposit in East Kunlun Mountains, Qinghai province [J]. Geology and Prospecting, 37(1): 65 - 69 (in Chinese with English abstract)

Pan Gui-tang, Xiao Qing-hui, Lu Song-nian, Deng Jin-fu, Zhang Kexin, Zhang Zhi-yong, Wang Fang-guo, Xing Guang-fu, Hao Guo-jie, Feng Yan-fang. 2009. Subdivision of tectonic units in China [J]. Geology in China, 36(1): 1-28 (in Chinese with English abstract)

Pan Tong, Zhou Lu-wei, Liu Xiao-zhong, Sun Feng-yue. 2004. Application of geophysical prospecting for Dulenggou geochemical anomalies verification in Dulan county, Qinghai province [J]. Geology and Prospecting, 40(4): 55-59 (in Chinese with English abstract)

Pan Yu-sheng, Zhou Wei-ming, Xu Rong-hua. 1996. The Early Paleozoic geological features and evolutions of the Kunlun Mountains [J]. Science in China; Series D, 26 (4): 302-307 (in Chinese with English abstract)

Wu Jian-hui, Feng Cheng-you, Zhang De-quan, Li Jin-wen, She Hong-quan. 2010. Geology of porphyry and skarn type copper polymetallic deposits in southern margin of Qaidam Basin [J]. Mineral Deposits,

- 29(5): 760-774 (in Chinese with English abstract)
- Yang Bao-rong, Yang Xiao-bin. 2007. Geological Characteristics and Ore Controlling Factors of the Guoluolongwa Gold deposit, Dulan County, Qinghai Province [J]. Gold Science and Technology, 15(1): 26-30 (in Chinese with English abstract)
- Yang Xiao-bin, Yang Bao-yong, Wang Xiao-yun. 2006. Gold occurrence in Guoluolongwa gold deposit of Qinghai province [J]. Geology and Prospecting, 42(5): 57 - 59 (in Chinese with English abstract)
- Yin Hong-fu, Zhang Ke-xin. 1997. Characteristics of the Eastern Kunlun orogenic belt [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 22(4): 339-342 (in Chinese with English abstract)
- Zhang De-quan, Feng Cheng-you, Li Da-xin, Xu Wen-yi, Yan Sheng-hao, She Hong-quan, Dong Ying-jun, Cui Yan-he. 2001. Orogenic gold deposits in the North Qaidam and East Kunlun orogen, West China [J]. Mineral Deposits, 20(2): 137-146 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Ting-bin, Zhong Kang-hui, Yi Gui-hua, Ma Hui. 2009. The extraction of remote sensing geological information and metalllogenetic prediction of gold mineralized concentrate district in Wulonggou, East Kunlun Mountains [J]. Geology and Prospecting, 45(4): 444 - 449 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Xue-ting, Yang Sheng-de, Yang Zhan-jun. 2007. Explanation to 1:1000 000 Tectonic Map of Qinghai province [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-221 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 丰成友,李东生,吴正寿,李军红,张占玉,张爱奎,舒晓峰,苏生顺. 2010. 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, 43(4): 10-17
- 丰成友,张德全,李大新,余宏全. 2003. 青海东昆仑造山型金矿硫、铅同位素地球化学[J]. 地球学报, 24(6): 593-598
- 丰成友,张德全,王富春,李大新,余宏全. 2004b. 青海东昆仑造山型金(锑)矿床成矿流体地球化学研究[J]. 岩石学报, 20(4): 949-960
- 丰成友,张德全,王富春,余宏全,李大新,王彦. 2004a. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报, 25(4): 415-422
- 丰成友,赵一鸣,李大新,刘建楠,肖晔,李国臣,马圣钞. 2011. 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, 85(7): 1108-1115
- 姜春发,王宗起,李锦铁. 2000. 中央造山带开合构造 [M]. 北京: 地质出版社, 1-154.
- 李东生. 2001. 托克妥环形构造与铜的成矿关系及今后找矿方向 [J]. 青海地质(增刊): 41-43, 47
- 李厚民,沈远超,胡正国,钱壮志. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理[J]. 地质与勘探, 37(1): 65 - 69
- 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,邓晋福,冯益民,张克信,张智勇,王方国,邢光福,郝国杰,冯艳芳. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36(1): 1-28
- 潘彤,周录维,刘孝忠,孙丰月. 2004. 物探方法在青海都兰地区督冷沟异常查证中的应用[J]. 地质与勘探, 40(4): 55-59
- 潘裕生,周伟明,许荣华. 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化 [J]. 中国科学:D辑, 26(4): 302-307.
- 吴健辉,丰成友,张德全,李进文,余宏全. 2010. 柴达木盆地南缘祁漫塔格-鄂拉山地区斑岩-矽卡岩矿床地质[J]. 矿床地质, 29(5): 760-774
- 杨宝荣,杨小斌. 2007. 青海都兰果洛龙洼金矿床地质特征及控矿因素浅析[J]. 黄金科学技术, 15(1): 26-30
- 杨小斌,杨宝荣,王晓云. 2006. 青海果洛龙洼金矿床金的赋存状态研究[J]. 地质与勘探, 42(5): 57-59
- 殷鸿福,张克信. 1997. 东昆仑造山带的一些特点[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 22(4): 339-342.
- 张德全,丰成友,李大新,徐文艺,闫升好,余宏全,董英君,崔艳合. 2001. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质, 20(2): 137-146
- 张廷斌,钟康惠,易桂花,马辉. 2009. 东昆仑五龙沟金矿集中区遥感地质信息提取与找矿预测[J]. 地质与勘探, 45(4): 444-449
- 张雪亭,杨生德,杨站君. 2007. 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, 1-221

Geological Characteristics and Metallogenetic Regularities of the Skarn Iron Polymetallic Deposits in the Dulan Area, Qinghai Province

ZHANG Zhan-yu^{1,2}, ZHANG Yong-shen², LI Hua², ZHONG Liang-yan², YU De-li³, LIU Guang-lian², SHI Tian-cheng²

(1. China University of Geoscience (Beijing), Beijing 100083;

2. The Third Institution of Qinghai Geological Mineral Prospecting, Xining, Qinghai 810008;

3. Qinghai Institute of Hydrogeology and Engineering geology and Environmental geology, Xining, Qinghai 810008)

Abstract: The Dulan area in Qinghai Province is located in the eastern part of the East Kunlun metallogenic belt and the Qimantage-Dulan magmatic tectonic belt, where many skarn iron polymetallic deposits are developed. In this paper, based on extensive description of regional geology and deposit characteristics, major ore-controlling factors, metallogenetic regularities, ore-forming model and prospecting indicators of the iron polymetallic deposits (occurrences) in the Dulan area are determined. The results show that most iron polymetallic deposits in this region occurred in the inner- and outer-contact belt between high-potassium calc-alkaline granitic plutons and Cambrian-Ordovician Tanjianshan Group and Carboniferous sedimentary sequence. Middle-late Triassic is an important metallogenetic epoch for skarn iron polymetallic deposits. The Tanjianshan Group and Carboniferous carbonate, and Ca- and Mg-rich sedimentary sequence, Indosian intermediate to acidic intrusion rocks, magnetic anomalies and NW and NE striking faults are favorable factors for metallogenetic prediction, which indicate fairly good prospecting potential in the Dulan area.

Key words: skarn iron polymetallic deposits, deposit geology, metallogenetic regularities, metallogenetic model, Dulan area, Qinghai Province