文章编号: 0258-7106 (2012) 05-0941-24

新疆西天山晚古生代铁矿床的地质特征、矿化类型及形成环境*

张作衡[1], 洪 为[1], 蒋宗胜[1], 段士刚[1], 王志华[2], 李凤鸣[2,3], 石福品[4], 赵 军[5], 郑仁乔[2]

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 2 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 3 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 4 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第三地质大队, 新疆 库尔勒 841000; 5 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

摘 要 西天山成矿带是我国重要的铁多金属成矿带之一, 以阿吾拉勒铁成矿带为主体, 近年来铁矿勘查工作取得重大进展, 相继勘查或发现了查岗诺尔、备战、智博、敦德、松湖、雾岭及尼新塔格-阿克萨依等多个铁矿床, 使该地区成为新疆重要的大型铁矿开发基地。这些新发现的铁矿床普遍赋存于安山质熔岩及火山碎屑岩中, 规模多数达到大中型, 品位较高。总体上, 对铁矿床的研究程度普遍很低, 成矿环境和成矿规律认识不清, 缺乏综合性的总体研究。文章在已有的研究成果基础上, 结合笔者研究小组近三年的大量野外调查工作和室内的整理研究, 综述了新疆西天山主要铁矿床的地质特征、分布规律、矿化类型。将西天山的铁矿床划分为海相火山岩型和矽卡岩型 2 个大类, 根据矿化类型将海相火山岩型细分为火山沉积型、火山岩浆-热液型、类矽卡岩型 3 个亚类。初步讨论了西天山铁矿床的成矿地质背景, 认为石炭纪晚期可能属于碰撞造山晚期阶段的陆缘弧环境, 局部存在挤压-伸展的构造转变, 是铁矿形成的有利环境。通过区域铁矿床特征的对比以及与国内外火山岩有关的典型矿床特征的对比研究, 认为铁矿床的形成与火山-侵入活动有密切的成因联系, 形成时间接近或稍晚于火山活动期; 早期阶段以富铁流体(熔体)充填-交代作用成矿为主, 晚期热液交代富集成矿, 整个成矿过程伴随大量的热液围岩蚀变; 成矿物质来源可能以岛弧岩浆作用所携带的深部铁质为主, 并含有少量火山-次火山气液交代围岩所萃取的铁质; 富铁流体(熔体)可能是由俯冲过程中形成的基性岩浆分异形成的, 但具体的形成机制、岩浆起源和演化过程是今后研究的重点。

关键词 地质学; 地质特征; 形成背景; 铁矿床; 西天山

中图分类号: P618.31 文献标志码: A

Geological features, mineralization types and metallogenic setting of Late Paleozoic iron deposits in western Tianshan Mountains of Xinjiang

ZHANG ZuoHeng[1], HONG Wei[1], JIANG ZongSheng[1], DUAN ShiGang[1], WANG ZhiHua[2], LI FengMing[2,3], SHI FuPin[4], ZHAO Jun[5] and ZHENG RenQiao[2]

(1 MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3 Bureau of Geology and Mineral Resources Development of Xinjiang, Urumqi 830000, Xinjiang, China; 4 No. 3 Geological Party of Bureau of Geology and Mineral Resources Development of Xinjiang, Korla 841000, Xinjiang, China; 5 College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract

The Western Tianshan metallogenic belt is one of the significant polymetallic iron metallogenic belts in Chi-

* 本文为国家重点基础研究发展计划(2012CB416803)、国家科技支撑计划(2011BAB06B02-05)和地质矿产调查评价项目(1212011085060)联合资助的成果

第一作者简介 张作衡, 男, 1971 年生, 博士, 研究员, 主要从事金属矿床成矿作用和地球化学研究。Email: zuoheng@hotmail.com

收稿日期 2012-08-15; 改回日期 2012-09-12。张绮玲、许德焕编辑。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

na. Notable advances have been made in the exploration of iron ore resources in western Tianshan Mountains, especially in the Awulale metallogenic belt, where several iron deposits have been discovered or explored, such as Chagangnuoer, Beizhan, Zhibo, Dunde, Songhu, Wuling and Nixintage-Akesayi. This region has therefore become an important large-scale iron ore development base area. These newly-found iron deposits, mostly of medium to large size with high-grade, are mainly hosted in the mafic-intermediate andesitic lavas and volcaniclastics. However, these regional iron ore deposits have been insufficiently studied, and hence their mineralization environment and metallogenic regularity are poorly known due to lack of a comprehensive overall study. Based on the previous researches, combined with lots of field investigations and indoor collations in recent three years done by the authors, this paper tentatively makes a comprehensive elucidation of the geological characteristics, distribution patterns and mineralization types of iron deposits in western Tianshan Mountains of Xinjiang. These iron deposits can be divided into two types, namely marine volcanic type and skarn type, and the former can be further divided into three subtypes, i.e., volcanic-sedimentary, volcanic magmatic-hydrothermal and skarniod subtypes. The authors preliminarily discuss the geological setting of iron metallogeny in western Tianshan Mountains, and hold that this area might belong to the late stage of a collisional orogenic continental environment in Carboniferous period, with the development of the extrusion-extensinal tectonic transition somewhere, and these geological settings were favorable for iron mineralization. Based on comparing the characteristics between iron deposits in this region and typical volcanics-hosted iron deposits both in China and abroad, the authors consider that iron deposits were genetically closely related to volcanic-intrusive activity, and formed contemporaneously with or slightly later than volcanic activity; in the early ore-forming stage, filling-metasomatism of iron-rich fluid (melt) played the major role, and mineralization became intensified by hydrothermal metasomatism in the late stage, accompanied by lots of hydrothermal rock alteration in the whole metallogenic process; mineralizing iron material was probably mainly derived from the depth and from arc magmatism, with minor iron material extracted from volcanic-subvolcanic gas and fluid-wall rock metasomatism; iron-rich fluid (melt) might be created by the mafic magmatic differentiation generated in the subduction; nevertheless, the detailed formation mechanism, magmatic origin and evolutionary process remain the keynote questions deserve further research.

Key words: geology, geological features, metallogenic setting, iron deposit, western Tianshan Mountains

西天山成矿带是中国重要的铁铜金成矿带之一,包括阿希金矿(沙德铭等, 2005;翟伟等, 2006;张作衡等, 2007a;Zhai et al., 2009)、伊尔曼德金矿(翟伟等, 1999)等金矿床,以及达巴特铜矿(张作衡等, 2006a;2009)、喇嘛苏铜锌矿(杨军臣等, 1998;王核, 2001;Zhang et al., 2008;张东阳等, 2010)、莱历斯高尔铜钼矿(李华芹等, 2006;张东阳等, 2009;朱明田等, 2010;薛春纪等, 2011)、菁布拉克铜镍矿(张作衡等, 2006b;2007b;Zhang et al., 2010)等铜多金属矿床,亦发育式可布台(或预须开普台)铁矿(田培仕, 1990;莫江平等, 1997;袁涛, 2003;卢宗柳等, 2006)、莫托萨拉铁锰矿(华明弟, 1985;袁涛, 2003)、备战和查岗诺尔等铁矿床。2004 年新疆地质勘查开发局第三地质大队重启了查岗诺尔铁矿的勘查工作,并在外围普查找矿过程中于 2006 年新发现了智博铁矿;在此期间,备战铁矿的勘查工作也重新启动,并在智博铁矿和备战铁矿之间发现了敦德铁矿。迄今,以阿吾拉勒成矿带为主的西天山铁矿勘查工作取得了重大进展,相继勘查或发现了查岗诺尔、备战、智博、敦德、松湖、雾岭及尼新塔格-阿克萨依等数个铁矿床,累计探获铁矿石资源量 11.7 亿吨[1],形成了新疆重要的大型铁矿开发基地,是中国十大重要金属矿产资源接替基地之一。

这些新发现的铁矿床普遍赋存于安山质熔岩及火山碎屑岩中,规模多数达到大-中型,品位较高,但研究程度很低,除对备战铁矿、智博铁矿、查岗诺尔铁矿、松湖铁矿等开展过研究外(徐祖芳, 1984;王庆明等, 2001;郭新成等, 2009;单强等, 2009a;2009b;

[1] 引用新疆 358 项目办 2011 年找矿成果.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

王军年等, 2009; 冯金星等, 2010; 汪帮耀等, 2011a; 2011b; 李凤鸣等, 2011; Zhang X et al, 2012; Zhang et al., 2011; 2012; 洪为等, 2012a; 2012b; 2012c; 蒋宗胜等, 2012a, 2012b; 王志华等, 2012; 王春龙等, 2012), 其他铁矿床的研究程度很低, 或研究得不够系统。近年来, 对查岗诺尔铁矿进行了较多的研究, 有火山岩型铁矿床(徐祖芳, 1984)、火山(喷气)沉积改造型矿床(王庆明等, 2001)、以岩浆矿床为主的复合型矿床(冯金星等, 2010; 汪帮耀等, 2011a)、以热液交代(矽卡岩化)成矿为主的多成因矿床(洪为等, 2012a; 2012b; 2012c)等几种不同的认识。备战铁矿的形成与火山活动和矽卡岩化作用有关(郭新成等, 2009; Zhang et al., 2012); 松湖铁矿可能是与火山作用有关的沉积型矿床(单强等, 2009a; 2009b; 王军年等, 2009), 王春龙等(2012)则认为松湖铁矿床为海相火山热液型矿床; 冯金星等(2010)认为智博铁矿是岩浆矿床(主要)和热液矿床(次要)的复合型矿床, 蒋宗胜等(2012b)、王志华等(2012)认为智博铁矿可能主要由晚石炭世大陆岛弧岩浆活动分异的富铁岩浆流体形成, 矿床与火山活动和岩浆热液的交代作用有关。陈毓川等(2008)将天山地区铁矿床按岩浆作用、沉积作用和变质作用三大地质成矿作用划分为 3 大类 9 个成因类型, 认为西天山阿吾拉勒成矿带内的式可布台铁矿属于海相火山-沉积型, 而将查岗诺尔和备战等铁矿划归为海相火山岩型。李凤鸣等(2011)初步介绍了西天山石炭纪铁-锰矿的地质特征, 总结了成矿类型的变化规律并初步建立了铁(锰)矿区域成矿模式。董连慧等(2011)在总结新疆富铁矿成矿特征及主攻类型成矿模式时, 认为阿吾拉勒成矿带上的这些与石炭纪火山岩有关的铁矿床形成于石炭纪—二叠纪裂谷环境, 初步构建了描述性成矿模式。但整体来看, 西天山铁矿资源丰富, 矿床类型多样, 由于铁矿研究长期滞后, 尤其是近些年新发现的铁矿床, 研究程度普遍很低(仅有个别矿床研究较为深入), 对其成矿环境和成矿规律认识不清, 缺乏综合性的研究。

本文在已有研究成果的基础上, 结合笔者研究小组的大量野外调查和室内整理及研究工作, 尝试综合论述新疆西天山主要铁矿床的地质特征、分布规律、矿化类型, 并通过区域上铁矿床特征的对比以及与国内外火山岩有关的典型矿床特征的对比, 初步讨论了成矿作用的地质背景, 旨在总结西天山铁矿的成矿规律, 并为进一步的找矿工作提供思路。

1　地质背景及矿产概况

1.1　地质背景

西天山位于新疆天山西段北部, 位于奎屯南之北天山与库车北之南天山所夹持的区域, 处于中亚增生型造山带的西南缘, 传统上被划分为北天山、中天山和南天山(黄汲清等, 1980)。该区包括北带依连哈比尔尕山、阿拉套山、别珍套山、汗吉尕山、科古琴山和博罗科洛山, 中带伊犁盆地及阿吾拉勒山和乌孙山, 南带那拉提山、哈尔克山、额尔宾山、黑英山和霍拉山。由于全区被北侧的依连哈比尔尕山北坡构造推覆断裂带和南侧的黑英山-霍拉山推覆断裂所限, 总体上呈三角形并呈向北和向南逆掩推覆的扇状展布的复合造山带(图 1)。高俊等(2009)将西天山区域构造单元划分为北天山弧增生体、伊犁地块北缘活动陆缘、伊犁地块、伊犁地块南缘活动陆缘、中天山复合弧地体和塔里木北部被动大陆边缘。西天山造山带经历了复杂的构造演化过程, 包括古、中元古代泛大陆的增生与裂解、新元古代 Rodinia 超大陆的形成与裂解(左国朝等, 2008), 并出露古元古代或中元古代变质结晶基底(高俊等, 1995; 钱青等, 2006; 李继磊等, 2010); 早古生代进入多陆块(微板块)及多岛弧古亚洲洋演化阶段(左国朝等, 2008), 先后发生过向南、向北两次碰撞增生活动(Allen et al., 1992); 早石炭世末可能结束增生造山, 二叠纪西天山至整个中亚地区进入后碰撞演化阶段, 属于晚古生代增生造山带(高俊等, 2009)。每一地质时期, 均伴随有不同程度的岩浆活动, 其中海西期岩浆活动达到高峰。花岗岩浆侵入活动广泛, 同时发育了大量的以中酸性为主的火山岩。

区域内出露元古宇、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系和第四系等地层。元古宇主要为下元古界温泉群二云斜长片麻岩、斜长角闪片岩、二云母片岩、角闪岩、大理岩和石英岩等。蓟县系库松木切克群为大理岩化灰岩、白云质硅质灰岩、灰岩、板岩和千枚岩等。寒武系为泥岩、灰岩、粉砂岩、砂岩和磷块岩等。奥陶系为浅海相碎屑岩、碳酸盐岩。志留系为泥岩、砂岩、粉砂岩、灰岩、凝灰岩和熔岩等。泥盆系为砾岩、砂岩、粉砂岩、灰岩、凝灰岩和熔岩等。石炭系大哈拉军山组为中酸性火山碎屑岩、中基性熔岩和砂砾岩等; 石炭系阿恰勒河组为砾岩、砂岩、灰岩和凝灰岩; 石炭系东

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

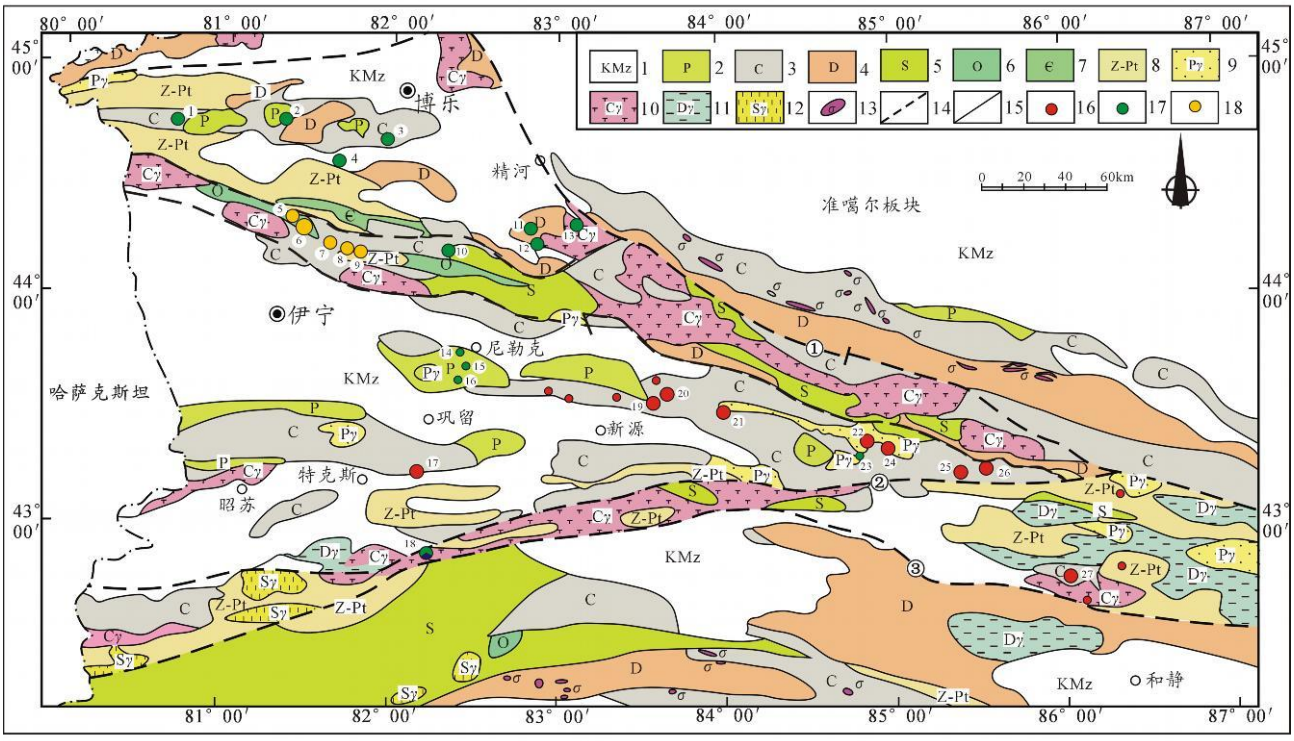


图 1 西天山区域地质及矿产分布图(据李凤鸣等, 2011; 洪为等, 2012b; Zhang et al., 2012)

1—中-新生界; 2—二叠系; 3—石炭系; 4—泥盆系; 5—志留系; 6—奥陶系; 7—寒武系; 8—前寒武系; 9—二叠纪花岗岩; 10—石炭纪花岗岩; 11—泥盆纪花岗岩; 12—志留纪花岗岩; 13—镁铁质-超镁铁质岩; 14—主要断裂; 15—地质界线; 16—铁矿; 17—铜矿; 18—金矿。矿床(点)名称: 1. 喇嘛苏铜锌矿; 2. 达巴特铜矿; 3. 科克赛铜钼金矿; 4. 喇嘛萨依铜矿; 5. 伊尔曼德金矿; 6. 京希金矿; 7. 阿希金矿; 8. 阿庇因地金矿; 9. 塔吾尔别克金矿; 10. 冬吐劲铜钼矿; 11. 3571 铜矿; 12. 莱历斯高尔铜钼矿; 13. 肯登高尔铜钼矿; 14. 奴拉赛铜矿; 15. 群吉萨依铜矿; 16. 109 铜矿; 17. 阔拉萨依铁矿; 18. 菁布拉克铜镍矿; 19. 式可布台铁矿; 20. 松湖铁矿; 21. 尼新塔格-阿克萨依铁矿; 22. 查岗诺尔铁矿; 23. 胜利铜矿; 24. 智博铁矿; 25. 敦德铁矿; 26. 备战铁矿; 27. 莫托萨拉铁锰矿

断裂: ①. 依连哈比尔尕断裂; ②. 尼古拉耶夫线-那拉提北坡断裂; ③. 长阿吾子-乌瓦门断裂

Fig. 1 Geological map showing regional geology and mineral resources distribution in western Tianshan (modified after Li et al, 2011; Hong et al, 2012b; Zhang et al., 2012)

1—Cenozoic-Mesozoic; 2—Permian; 3—Carboniferous; 4—Devonian; 5—Silurian; 6—Ordovician; 7—Cambrian; 8—Precambrian; 9—Permian granitoids; 10—Carboniferous granitoids; 11—Devonian granitoids; 12—Silurian granitoids; 13—Mafic-ultramafic rocks; 14—Fault; 15—Geological boundary; 16—Fe deposit; 17—Cu deposit; 18—Au deposit. **Name of deposits**: 1. Lamasu; 2. Dabate; 3. Kekesai; 4. Lamasayi; 5. Yiermande; 6. Jingxi; 7. Axi; 8. Abiyindi; 9. Tawuerbieke; 10. Dongtujin; 11. 3571; 12. Lailisigaoer; 13. Kendenggaoer; 14. Nulasai; 15. Qunjisayi; 16. 109; 17. Kuolasayi; 18. Jingbulake; 19. Shikebutai; 20. Songhu; 21. Nixintage-Akesayi; 22. Chagangnuoer; 23. Shengli; 24. Zhibo; 25. Dunde; 26. Beizhan; 27. Motuosala. **Faults**: ①. Yilianhabierga fault; ②. Nikolaev-North Nalati fault; ③. Chang'awuzi-Wuwamen fault

图津河群为灰岩、砂岩、砾岩、页岩夹凝灰岩。二叠系包括玄武岩、英安岩、流纹岩夹砂砾岩。侏罗系为陆相碎屑含煤建造。新生界为冲坡积砾石和砂土。

区内侵入岩发育, 从岩基、岩株到岩墙均有出露, 呈近东西向带状分布, 以中酸性岩体最为发育, 侵入时代为加里东晚期和海西期(王永新, 1997; 沙德铭等, 2003)。加里东晚期侵入岩以岩株状花岗岩为主, 分布在温泉县城南部, 岩性为花岗闪长岩和花岗岩。海西早期侵入岩以岩株状花岗岩为主, 岩性主要为花岗斑岩、花岗闪长斑岩等, 分布在依连哈比尔尕山和科古琴山; 海西中期花岗岩多呈岩株和岩基状产出, 岩性为二长花岗岩、花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩和流纹斑岩等, 主要分布于阿拉套山、博罗科洛山和阿希金矿东部。海西晚期花岗岩呈岩株和岩脉状产出, 岩性为闪长玢岩、二长花岗岩、石英钠长斑岩、花岗斑岩和流纹斑岩等, 主要分布于阿吾拉勒山一带。朱志新等(2011)认为区内古生代侵入岩主要为一套与洋盆收敛俯冲有关的钙碱性侵入岩、与同碰撞有关的富铝花岗岩以及后造山的富钾花岗岩等。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区域上火山活动较频繁, 喷发时代主要为海西期, 少量为加里东晚期, 火山活动呈近东西向带状分布。志留纪火山岩主要分布在博罗科洛晚古生代弧后盆地, 岩性主要为中酸性火山碎屑岩和中基性熔岩; 泥盆纪火山岩主要分布在阿拉套-科古琴晚古生代岛弧带的达巴特地区, 岩性为中酸性火山碎屑岩和熔岩。中天山-伊犁地块南、北缘广泛发育石炭纪火山岩, 其中以大哈拉军山组、伊什基里克组分布最为广泛。大哈拉军山组是一套厚度大、分布广、岩性和岩相复杂的火山喷发岩系, 主要分布于博罗科洛山南坡、那拉提山、阿吾拉勒山、恰普恰勒山-伊什基里克山南坡以及大哈拉军山一带, 主要由玄武岩、玄武安山岩、流纹岩、粗面岩、粗面安山岩及中酸性凝灰岩组成(新疆维吾尔自治区地质矿产局, 1993)。关于该组火山岩形成环境等存在争议, 特别是近年来随着火山岩中锆石年龄数据的不断增多以及不同学者、不同方法获得的年龄值相差较大(尽管单个数据比较精确), 因此对区域上大面积分布的赋矿火山岩大哈拉军山组的沉积环境和构造环境等认识方面的争议持续不断。有人认为大哈拉军山组是陆相喷发的产物(杨金中等, 2003), 形成于大陆裂谷环境(车自成等, 1996), 与地幔柱有关的大火成岩省(夏林圻等, 2004), 也有研究者认为该组地层是早石炭世的海相岛弧钙碱性火山岩建造, 或为沟-弧-盆构造体系(姜常义等, 1993; 1995), 或为典型大陆火山岛弧(朱永峰等, 2005; 2006a; 2006b; Zhu et al., 2009), 或为活动大陆边缘弧后拉张环境(钱青等, 2006; 李继磊等, 2010), 或处于大陆边缘岛弧环境(龙灵利等, 2008; 李永军等, 2009)。

1.2　区域矿产分布

天山成矿带是"中亚成矿域"的重要组成部分(朱永峰, 2009), 蕴藏的矿产资源丰富, 具有地质条件多样、矿化类型多、矿种较齐全、矿产地多、成矿时代多、成矿带分布广的鲜明特征。西天山成矿带, 自西北向东南, 依次可以分为 3 个主要的成矿带, 即别珍套-汗吉尕铜多金属成矿带、博罗科洛(或博罗霍洛)铜金成矿带和阿吾拉勒铁铜成矿带(图 1)。其中别珍套-汗吉尕铜多金属成矿带分布着与海西中期浅成中酸性花岗岩和中元古界灰岩有关的斑岩-矽卡岩型铜矿床, 如喇嘛苏铜矿(杨军臣等, 1998; 张作衡等, 2006a; Zhang et al., 2008), 以及与海西中期酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿床, 如达巴特、科克赛(张作衡等, 2008a; 张玉萍等, 2008; 朱明田等, 2011)和喇嘛萨依等铜多金属矿床。博罗科洛铜金钼成矿带分布着与下石炭统中酸性火山碎屑岩和中-基性熔岩有关的浅成低温热液型金矿床, 包括新疆最大的金矿——阿希金矿(沙德铭等, 2005; 翟伟等, 2006; 张作衡等, 2007; Zhai et al., 2009)及其周边的伊尔曼德(翟伟等, 1999)、京希、阿庇因地、塔吾尔别克等金矿床; 与海西中期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型钼铜矿, 如冬吐劲、莱历斯高尔(李华芹等, 2006; 张东阳等, 2009; 朱明田等, 2010; 薛春纪等, 2011)、肯登高尔(贾志业等, 2011)等铜钼矿床。阿吾拉勒铁铜成矿带西段分布着与二叠纪陆相中基性火山岩有关的火山-次火山热液型铜矿床、与海西晚期中酸性浅成侵入岩有关的斑岩型铜矿床, 如奴拉赛、穷布拉克、群吉萨依、群吉、黑山头等矿床(赵军等, 2012a; 2012b; 张贺等, 2012), 成矿时代为海西晚期(吴明仁等, 2006); 东段发育式可布台、松湖、查岗诺尔、智博、备战、莫托萨拉等数个与石炭系海相火山岩有关的大-中型铁(锰)矿床以及一系列小型铁矿床(图 1, 表 1)。

2　主要铁矿化类型

新疆西天山铁矿床分布比较集中, 主要呈线状排列产出在伊犁-中天山板块的阿吾拉勒山一带, 自西向东依次分布有铁木里克、式可布台、松湖、尼新塔格-阿克萨依、查岗诺尔、智博、敦德、备战、莫托萨拉等数个大-中型的铁(锰)矿床, 另有巴依图玛、雾岭、夏尔采克、乌兰美仁、松湖南、哈拉盖、沙海、统哈拉盖、沙拉穹库尔、阿合公盖、驹尔都拜、木汉萨依等众多的小型铁矿床或铁矿点, 称之为阿吾拉勒铁矿带。其他的铁矿床(点)呈孤点状分布在博罗科洛山(如阿灭里根萨依、哈勒尕提等)、伊什基里克山(如阔拉萨依、卡生布拉克等)、那拉提山(如加曼台、阿克苏铁锰矿)以及伊犁板块南缘(如巴音布鲁克)等地区。

西天山主要铁矿床的地质特征见表 1。根据矿床的产出特点, 将西天山地区铁矿床分为海相火山岩型铁矿和矽卡岩型 2 个大类, 其中海相火山岩型铁矿根据矿化类型, 分为火山沉积型、火山岩浆-热液型、类矽卡岩型 3 个亚类。矽卡岩型铁(铜)矿包括哈勒尕提、阿灭里根萨依、巴音布鲁克等几个小型的矿床, 矿体产在碎屑岩、碳酸盐岩地层与花岗质侵入体的接触部位, 发育明显的以石榴子石、透辉石、

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 西天山主要铁矿床地质特征

Table 1 Geological characteristics of major iron deposits in western Tianshan Mountains

矿床名称	赋矿围岩	含矿岩系	侵入岩	矿体规模	矿体形态	矿石品位	金属矿物	脉石矿物	围岩蚀变	成矿元素	成因类型	资料来源
莫托萨拉	石炭系阿克沙克组	花岗质砾岩、粉砂岩、砂岩夹铁矿层以及结晶灰岩	岩浆岩不发育,仅见闪长岩脉	中型;铁矿体厚度0.6~46 m,平均18 m;锰矿体长0.8~1 k m,宽0.3~0.5 km,平均厚4.7 m	边部薄,中部厚;层状、条带状	TFe(全铁)品位28.4%~65.4%,平均47.2%,Mn品位平均18.7%	赤铁矿,磁铁矿,镜铁矿,黄铁矿;菱锰矿,褐锰矿,黑锰矿等	重晶石、方解石、石英、方铅矿、碧玉、硬石膏等	硅化、绿泥石化、碳酸盐化	Fe、Mn	火山沉积型	袁涛,2003;陈毓川等,2008
备战	石炭系大哈拉军山组	安山质凝灰岩、英安岩、凝灰质砾岩夹灰岩、白云岩	石英二长斑岩、花岗斑岩	大型;长630 m,厚5~139 m,平均厚度62 m,矿体延深大于380 m	透镜状、脉状、似层状,上陡下缓,向深部变厚	TFe(全铁)品位23%~64.30%,平均品位41%,向深部变富	磁铁矿,黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等	石榴子石、透辉石、硅灰石、阳起石、绿帘石,纤闪石、方解石等	矽卡岩化、碳酸盐化、蛇纹岩化及大理岩化	Fe	类矽卡岩型	郭新成等,2009;Zhang et al., 2012
敦德	石炭系大哈拉军山组	晶屑凝灰岩、玄武质凝灰岩和安山岩	钾长花岗岩	中型;长56~930 m,厚2.0~100 m,向北陡倾	板状、透镜状、生姜状、条带状	TFe品位20%~64.95%,Zn品位0.5%~5.34%	磁铁矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿	石榴子石、透辉石,绿帘石、绿泥石、方解石,方柱石、阳起石、石英等	矽卡岩化、绿帘-绿泥石化、碳酸盐化、钾长石化和硅化等	Fe,伴生少量Zn	类矽卡岩型	新疆第三地质大队,2011[1]
智博	石炭系大哈拉军山组	玄武质安山岩、安山岩及火山碎屑岩	花岗闪长岩,石英闪长岩	大型;矿化带长4.5 km,主矿体东西长800 m,南北宽600 m,厚4~80 m	层状、似层状、透镜状	TFe品位35%~60%,平均品位38%	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿等	辉石,角闪石,斜长石、电气石,绿帘石、钾长石、阳起石、绿泥石	绿帘石化、钾长石化、绿泥石化、阳起石化、硅化、碳酸盐化等	Fe	火山岩浆-热液型	新疆第三地质大队,2011[2]
查岗诺尔	石炭系大哈拉军山组	安山质晶屑岩屑凝灰岩、安山岩、流纹岩夹透镜状大理岩	正长花岗岩,闪长岩	大型;主矿体长2.9 km,厚3.65~218 m,平均厚度64.2 m	层状、似层状、透镜状	TFe品位20.2%~64.2%,平均品位35.6%	磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、镜铁矿等	石榴子石、阳起石,绿帘石,绿泥石、透辉石,透闪石,方解石、石英等	矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化以及碳酸盐化和硅化等	Fe,伴生少量Cu	类矽卡岩型	冯金星等,2010;洪为等,2012a,
尼新塔格-阿克萨依	石炭系大哈拉军山组	安山质凝灰岩、安山岩及安山质凝灰熔岩	二长花岗岩-正长花岗岩	中型;长200~750 m,厚0.8~67.2 m	层状、透镜状、条带状	TFe品位21.5%~28.5%之间	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、黄铜矿等	石英、角闪石、辉石、榍石,绿泥石,方解石,绢云母、绿帘石,阳起石	绿泥石化、绿帘石化及黄铁矿化和黄铜矿化	Fe	火山岩浆-热液型	四川405地质队,2011[3]
松湖	石炭系大哈拉军山组	凝灰岩、凝灰质砂岩、砂屑灰岩和钙质粉砂岩	矿区无明显岩体	中型;主矿体长约735 m,厚0.8~67.2 m,平均厚22.24 m	不规则的似层状、透镜状	TFe(全铁)品位22.2%~52.2%,平均45.03%	磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、黄铁矿、黄铜矿等	钾长石,绿泥石,绿帘石,阳起石,方解石、石英等	钾长石化、绿泥石化、绿帘石化、方解石化,阳起石化、硅化等	Fe	火山热液型或火山沉积型(?)	周昌平等,2007[4];单强等,2009a;王春龙等,2012
式可布台	石炭系伊什基里克组	安山质、英安质凝灰岩、沉凝灰岩夹砂岩、灰岩	闪长岩和石英钠长斑岩	中型;矿区长4.6 km,宽约1.3 km,矿体长100~400 m,最长900 m,厚3~15 m	层状、似层状、透镜状、扁豆状	TFe(全铁)平均56.66%,最高可达66.78%	赤铁矿,少量镜铁矿、磁铁矿、菱铁矿、黄铁矿	石英、碧玉、重晶石、长石,绢云母、滑石,绿泥石等	绿泥石化,绢云母化、硅化、黄铁矿化和碳酸盐化等	Fe,伴生少量Cu	火山沉积型	田培仕,1990;袁涛,2003

[1] 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2011. 新疆和静县敦德铁锌矿普查设计. 内部资料.
[2] 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2011. 新疆和静县诺尔湖铁矿详查. 内部资料.
[3] 四川省地质矿产勘查开发局405地质队. 2011. 新疆新源县阿克萨依铁矿详查地质报告. 内部资料.
[4] 新疆地质矿产勘查开发局第七地质大队. 2007. 新疆尼勒克县松湖铁矿详查报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1

Cont. Table 1

矿床名称	赋矿围岩	含矿岩系	侵入岩	矿体规模	矿体形态	矿石品位	金属矿物	脉石矿物	围岩蚀变	成矿元素	成因类型	资料来源
铁木里克	石炭系伊什基里克组	角斑质凝灰岩、含角砾角斑质凝灰岩、沉凝灰岩	闪长岩	小型;长 50～620 m,厚 1.1～1.8 m	似层状、脉状	TFe 品位 35.9%～50.8%之间	磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿等	石英、方解石、绿泥石等	绿泥石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化等	Fe, 下部有 Au	火山沉积型	李凤鸣等, 2011
阔拉萨依	石炭系大哈拉军山组	含砾晶屑岩屑凝灰岩、安山质角砾熔岩、安山岩	二长花岗岩、石英闪长玢岩	中型?;铁矿长 300～360 m,厚 1.5～24.7 m;Zn 矿化厚 4.8～11.76 m	层状、似层状	TFe 品位 25.1%～63.9%,平均 44.6%; Zn 平均 1.3%	磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿	石英、长石、方解石、绿帘石、石榴子石、绿泥石、绢云母	绿帘石化、绿泥石化、矽卡岩化、碳酸盐化、硅化	Fe, 伴生少量 Zn	类矽卡岩型	李泰德等, 2009;李凤鸣等, 2011
加曼台	石炭系阿克沙克组	薄层含砂灰岩、钙质硅质泥岩、结晶灰岩、白云岩及含锰灰岩		中型? 东西长 1 180 m,厚 2.2～6.95 m	不对称的盆状向形	锰品位 10.01%～22.2%, TFe 品位 0.84～2.83%	菱锰矿、软锰矿、硬锰矿、褐铁矿	含锰方解石、方解石、碳质、泥质	弱	Mn, 少量 Fe	火山沉积型	李凤鸣等, 2011
巴音布鲁克	志留系音鲁克组	泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹砾岩和大理岩	正长花岗岩	小型? 长 5～100 m,厚 1～14 m	透镜状、条带状、等轴状	TFe 品位 20.63%～69.05%	磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿	石榴子石、透闪石、透辉石、阳起石、绿帘石	矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、硅化、大理岩化	Fe	矽卡岩型	陈文革等, 2011
阿灭里根萨依	志留系尼勒克河组	微晶灰岩、大理岩化灰岩、大理岩	二长花岗岩, 花岗斑岩	小型? Fe1 长 30～70 m, 厚 0.5～11.46 m	层状、透镜状	TFe 平均品位 54.96%, Cu 平均 0.69%, Zn 平均 2.65%	磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、闪锌矿、斑铜矿、黄铜矿	石英、透辉石、石榴子石、绿泥石、方解石	矽卡岩化、绿帘石化、绿泥石化、硅化等	Fe,伴生少量 Cu,Zn	矽卡岩型	李新光等, 2012

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

阳起石等为代表的矽卡岩化和以绿泥石、绿帘石、硫化物、石英、方解石等为代表的退化蚀变作用。而西天山大-中型的铁矿床主要是海相火山岩型，这些铁矿赋存于石炭系海相火山岩-碎屑岩-沉积岩系之中，如大哈拉军山组、阿克沙克组和伊什基里克组；矿区周围通常发育不同程度的断裂或裂隙，充当成矿流体运移的通道或铁质沉淀的场所。其中，火山沉积型包括式可布台、莫托萨拉和加曼台等主要的铁(锰)矿床，该类矿床的成矿元素通常含锰，赋存于阿克沙克组或伊什基里克组的火山碎屑-沉积岩系，矿体呈层状、似层状，以赤铁矿、磁铁矿、碧玉、重晶石(菱锰矿、黑锰矿)等矿物组合为主，发育绿帘石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化等低温围岩蚀变或蚀变较弱，而赤铁矿与铁碧玉互层呈条带状通常被认为是沉积作用成矿的证据。火山岩浆-热液型包括智博、尼新塔格-阿克萨依、松湖、雾岭等铁矿，该类铁矿赋存于大哈拉军山组的安山质凝灰岩、玄武质安山岩、安山岩、英安岩等火山岩-碎屑岩系，常见磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、钾长石、阳起石、辉石、角闪石、斜长石、绿帘石、绿泥石等矿物组合，发育钾化、钠化、帘石化、硅化、碳酸盐化等围岩蚀变，气孔状、树枝状、板条状的磁铁矿可能是岩浆熔体参与成矿的佐证。类矽卡岩型包括备战、敦德、查岗诺尔、阔拉萨依等铁矿床，该类铁矿床的含矿岩系也为大哈拉军山组的安山质凝灰岩、安山岩、英安岩等火山岩-碎屑岩系，但矿区周围出露大理岩、碳酸盐岩地层，矿体周围发育石榴子石、透辉石、阳起石(方柱石、硅灰石)等高温的矽卡岩蚀变和绿泥石、绿帘石、硫化物、石英、方解石等退化蚀变矿物，金属矿物以磁铁矿为主，个别矿区黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿含量较高；类矽卡岩型铁矿与典型的接触交代矽卡岩型矿床的区别在于矿体不产在碳酸盐地层与侵入岩的接触部位，而常见于大哈拉军山组的火山-碎屑岩之中，但矿体周围普遍发育矽卡岩化，可能既有火山岩浆熔体参与成矿，也有火山热液与碳酸盐、火山岩围岩的交代作用成矿。

3 典型矿床地质特征

本节根据野外地质调研以及综合收集的地质资料，介绍西天山主要铁矿床的地质特征，尤以近年来新发现、新勘查的铁矿床为重点。

3.1 备战铁矿

备战矿区的地层总体呈向斜产出，主要为石炭系大哈拉军山组及第四系。其中大哈拉军山组(图2)在矿区中部出露面积约 7.5 km^2，出露厚度 717.7 m，根据岩性和变质程度的不同可分为 3 段：第一岩性段($C d^a$)分布在备战铁矿南部及北部，北部以凝灰岩夹安山岩为主，南部以凝灰岩夹凝灰质砾岩为主；第二岩性段($C d^b$)出露于矿区北部和矿体附近，主要为灰色条带状灰岩、薄层状灰岩、白云质灰岩、白云岩，局部夹大理岩化灰岩；第三岩性段($C d^c$)出露于矿区中部，下部为深灰色千枚岩，上部逐渐变为钙质页岩、含碳质页岩或泥岩夹白云岩、薄层灰岩。矿区处于夏格孜达坂向斜北翼，核部地层为石炭系大哈拉军山组第三岩性段，翼部依次为第二岩性段和第一岩性段。断裂构造较发育，较大断裂共 9 条，多为高角度压扭性正断层。出露的岩浆岩主要有石英二长斑岩(局部相变为石英正长斑岩)、花岗斑岩、闪长岩脉、辉绿岩脉等。

矿床主要赋存在大哈拉军山组第一岩性段及第

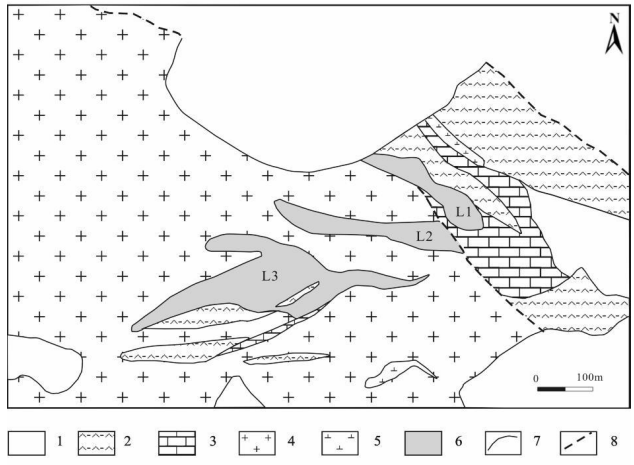


图 2 备战铁矿区地质图(据❶修改)

1—第四系；2—安山质凝灰岩；3—大理岩；4—石英二长斑岩；5—辉绿岩；6—铁矿体；7—地质界线；8—断裂

Fig. 2 Geological map of the Beizhan iron deposit

(modified after No. 11 Geological Party, 2006❶)

1—Quaternary; 2—Andesitic tuff; 3—Marble; 4—Quartz monzonite porphyry; 5—Diabase; 6—Iron ore body; 7—Geological boundary; 8—Fault

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第十一地质大队. 2006. 新疆和静县备战铁矿详查报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

二岩性段，主要产在矽卡岩中，顶、底板围岩均为各类矽卡岩，主要有绿帘石矽卡岩、透辉石矽卡岩和硅灰石矽卡岩等，石榴子石矽卡岩较为少见，矽卡岩有一定分带性但不甚明显。矽卡岩带位于石英二长斑岩岩体与地层接触带部位，其形态受岩体与地层接触界线控制，矿体形态多为似层状或透镜状，与火山岩地层呈不整合的侵入接触关系。

共圈定出 6 个矿体（L1～L6），其中位于矿床中部的 L3 矿体为主矿体。L3 矿体呈透镜状、脉状、似层状，总体呈 EW 走向，倾向北，倾角 37～79°，上陡下缓，长 630 m，厚 5～139 m，平均厚度 62 m，矿体延深大于 380 m；TFe（全铁）品位 23%～64.30%，平均品位 41%，矿化连续，品位变化均匀，总体表现为矿体向深部变厚变富（图 3）❶。

矿石矿物主要为磁铁矿，伴有黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等；脉石矿物主要为矽卡岩矿物，包括石榴子石、透辉石、硅灰石、阳起石、绿帘石、纤闪石、电气石、绢云母、方解石等。矿石构造有块状、角砾状、浸染状和网脉状，矿石结构常见充填结构、交代结构和半自形-他形粒状结构等。野外的矿物交生关系和镜下的显微结构特征显示，石榴子石、透辉石、硅灰石等矿物形成的时间比磁铁矿稍早，而黄铁矿、磁黄铁矿等硫化物晚于磁铁矿和阳起石、绿帘石、纤闪石。

矿床围岩蚀变十分发育，自矿体向两侧分别为矽卡岩化蚀变带、碳酸盐化蚀变带、蛇纹岩化蚀变带及大理岩化蚀变带。矽卡岩化十分普遍，多发育于矿体附近，其蚀变分带不太明显，但由内向外大致可分为绿帘石-透辉石矽卡岩带、纤闪石-硅灰石-石榴子石矽卡岩带、阳起石-电气石矽卡岩带。碳酸盐化常发育在矿体边部，呈不规则脉状，为成矿后期热液蚀变产物，与成矿关系不密切。蛇纹岩化呈黄绿色，蜡状、薄壳状、集合体状或束状、纤维状，局部磁铁矿含量较高，一般沿裂隙或节理发育，多为成矿期后热液蚀变。大理岩化在接触带边部发育，一般与矿体距离较远，为矿体尖灭的部位。

备战铁矿床的研究程度比较低，郭新成等（2009）在总结矿床地质特征和找矿标志的基础上，认为该矿床是火山沉积作用（早期）和矽卡岩化（晚期）的复合成因铁矿床。Zhang 等（2012）获得矿区

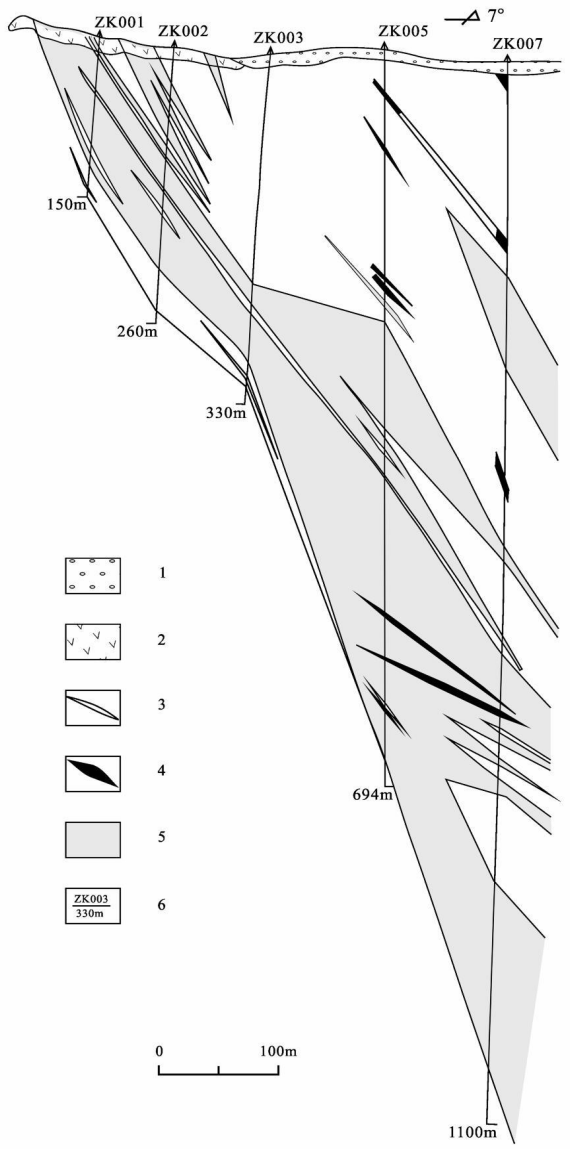


图 3　备战铁矿 0—0′勘探线剖面图

（据❶修改）

1—第四系；2—安山质凝灰岩；3—安山质、英安质夹石；4—闪长岩脉；5—铁矿体；6—钻孔编号及深度

Fig. 3　Simplified geological section along 0—0′ exploration line of the Beizhan iron deposit

（modified after No. 11 Geological Party, 2006❶）

1—Quaternay; 2—Andesitic tuff; 3—Andesitic and dacitic band; 4—Diorite vein; 5—Iron ore body; 6—Serial number and depth of drill hole

大哈拉军山组流纹岩和英安岩的锆石 U-Pb 年龄分别为（301.3±0.8）Ma、（303.7±0.9）Ma，可能是西

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第十一地质大队. 2006. 新疆和静县备战铁矿详查报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

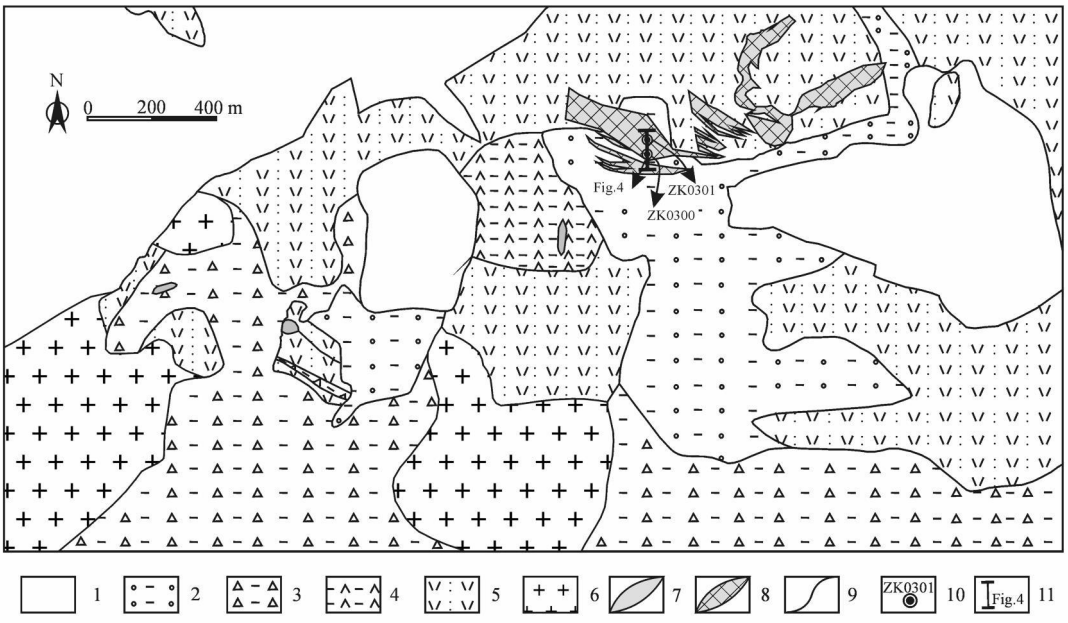


图 4 敦德铁锌矿地质图(据❶修改)

1—冰川覆盖区; 2—现代冰川堆积及残坡积物; 3—残坡积物; 4—安山岩; 5—晶屑凝灰岩; 6—钾长花岗岩; 7—铁矿体; 8—隐伏铁矿体; 9—地质界线; 10—钻孔及编号; 11—勘探线剖面位置

Fig. 4 Geological map of the Dunde Fe-Zn deposit (modified after No. 3 Geological Party, 2011❶)

1—Glacier covering area; 2—Modem glacier; residual and slope materials; 3—Residual materials and slope washes; 4—Andesite; 5—Crystal tuff; 6—Potassium feldspar granite; 7—Iron ore body; 8—Concealed iron orebody; 9—Geological boundary; 10—Drill hole and its serial number; 11—Location of exploration section

天山东段俯冲过程末期阶段大陆岛弧岩浆作用的产物,铁矿床的形成与该阶段的火山活动关系密切;大哈拉军山组地层和石英二长斑岩共同控制了铁矿体的空间分布,矿石组构和围岩蚀变均有典型矽卡岩型矿床的特征,火山-侵入活动导致了矽卡岩化和铁矿的就位(Zhang et al., 2012)。根据上述已有的研究成果,结合备战铁矿床的地质特征、矿物组合和围岩蚀变,该矿归类于海相火山岩型大类的类矽卡岩型亚类。

3.2 敦德铁矿

矿区出露石炭系大哈拉军山组第三岩性段地层,岩性为安山岩、凝灰岩、晶屑凝灰岩,其余为大面积的冰川堆积物、冰水堆积物和残坡积物,矿体产在晶屑凝灰岩、玄武质凝灰岩和安山岩中(图 4)。

矿区发现 7 条铁矿体,并于铁矿体边缘圈定出独立锌矿体 2 条(图 5),两者空间关系紧密。其中,西部 3 个矿体为露头矿,东部的 4 个矿体为隐伏矿,矿区主要铁资源量赋存于东部的隐伏矿体内,且向深部矿化良好。7 条铁矿体中有 4 条含锌,锌平均品位大多达到最低工业品位 1%,锌矿化叠加在部分铁矿体之上,或独立成矿,晚于铁矿化。铁矿体一般呈板状、透镜状、生姜状、条带状,长度一般在 56 ~ 930.56 m 之间,厚度在 2.0 ~ 100 m 之间。矿体产在切穿围岩层理的断裂构造中,向北陡倾,产状 355° ~ 15° ∠52° ~ 75°。TFe(全铁)品位一般为 20% ~ 64.95%,MFe(磁铁)品位一般为 15.0% ~ 60.04%;Zn 品位 0.5% ~ 5.34%,两条独立锌矿体平均品位为 1.98%和 1.00%❶。

金属矿物主要为磁铁矿、闪锌矿,其次为黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿;脉石矿物主要为钙铝-钙铁榴石、透辉石、绿帘石、绿泥石和方解石,其次有方柱石、阳起石、石英等。矿石构造主要为条带状、脉状、块状、浸染状-稠密浸染状、角砾状和脉状构造等。矿石结构主要为他形粒状、半自形-自形粒状、交叉、残余、格状出溶结构、乳滴状-叶片状出溶结构等。矿体围岩蚀变较强,其中矽卡岩化最为发育,其围绕铁矿体但不限于铁矿体,分布范围稍广;次为绿帘-绿泥石化蚀变和碳酸盐化蚀变;安山岩中

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2011. 新疆和静县敦德铁锌矿普查设计. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

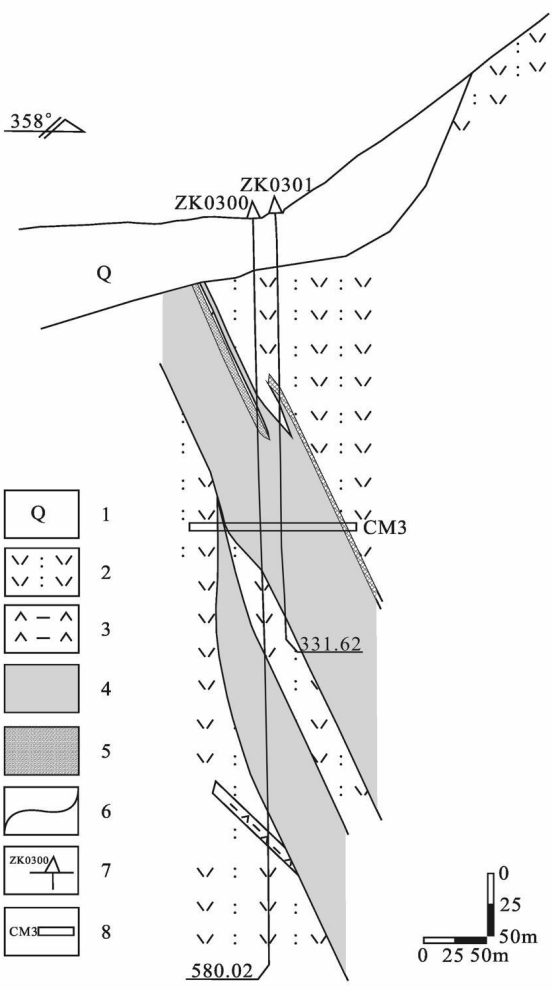


图 5　敦德铁锌矿 03 勘探线剖面图(据❶修改)

1—冰川堆积及残坡积物；2—晶屑凝灰岩；3—安山岩；4—铁矿体；5—锌矿体；6—地质界线；7—钻孔及编号；8—穿脉及编号

Fig. 5　Geological section along No. 03 exploration line of the Dunde Fe-Zn ore deposit (modified after No. 3 Geological Party, 2010❶)

1—Glacier, residual and slope wash materials; 2—Crystal tuff; 3—Andesite; 4—Iron ore body; 5—Zinc ore body; 6—Geological boundary; 7—Drill hole and its serial number; 8—Ort and its serial number

铁矿体附近发育钾长石化和硅化蚀变。野外观察到的矿物穿插关系表明，磁铁矿晚于钙铝-钙铁榴石、透辉石、方柱石等矽卡岩矿物，与阳起石、绿帘石、绿泥石等退蚀变矿物几乎同时形成，而早于闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等硫化物以及方解石、石英等。

由于敦德铁矿是新发现的矿床，因而研究程度十分低。该矿床赋存于大哈拉军山组安山质晶屑凝灰岩、玄武质凝灰岩和安山岩中，矿石矿物以磁铁矿为主，局部地段闪锌矿达到工业品位圈为锌矿体，矿石组构整体表现出热液流体充填-交代作用的特征，发育矽卡岩化、绿帘石-绿泥石化、碳酸盐化、硅化以及钾化等围岩蚀变，因而将敦德铁矿归为海相火山岩型大类的类矽卡岩型亚类。

3.3　智博铁矿

智博矿区出露的主要地层为石炭系大哈拉军山组和第四系冲积物、坡积物、冰积物以及冰川，地层总体呈单斜产出，倾向 NE30 ~60°，倾角 65°左右。中酸性岩体较为发育，西南部见花岗闪长岩，呈 NE 向的条带状侵入；北部和西部见石英闪长岩，与矿区中部的火山岩呈侵入接触关系(图 6)。矿化带东西长 4.5 km，分为东、中、西和 Fe 13 四个含矿段，共圈定 24 条磁铁矿体。矿体的形态呈层状、似层状、透镜状(图 7)，从形态变化和产状来看，矿体与围岩地层呈不整合的侵入关系。主矿体东西长 800 m，南北宽 600 m，向 SE 方向倾斜，品位 35% ~60%，平均品位 38%(冯金星等，2010)。矿体产于石炭系大哈拉军山组第二亚组的安山岩、蚀变安山岩、粗面安山岩、玄武安山岩中，顶底板多为蚀变安山岩，普遍发育钾化、绿帘石化和阳起石化等，与矿体呈渐变的接触关系，局部见铁矿体直接贯入安山岩，围岩蚀变很弱。

金属矿物主要为磁铁矿，次为赤铁矿、黄铁矿，偶见黄铜矿；脉石矿物有辉石、角闪石、斜长石、电气石、绿帘石、钾长石、阳起石、绿泥石等。矿石具有稀疏浸染状、稠密浸染状、致密块状、流动状、条带网脉状、角砾状、斑杂状等构造特征；矿石结构以中-粗粒、半自形-自形板状、他形粒状、自形-半自形晶等结构为主。王志华等(2012)据矿物共生组合和矿石结构特征，将矿床划分为岩浆期和热液期 2 个成矿期，进一步细分为 3 个成矿阶段，即磁铁矿-透辉石-绿帘石阶段、磁铁矿-钾长石-绿帘石阶段、石英-硫化物阶段。

围岩普遍遭受强烈的蚀变，主要有绿帘石化、钾长石化、绿泥石化、阳起石化、硅化、碳酸盐化等，自矿体向围岩，依次为绿帘石化与绿泥石化、钾长石化与阳起石，总体表现出一定的分带性，而碳酸盐化与

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2010. 新疆和静县敦德铁锌矿区新发现矿产地申请报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

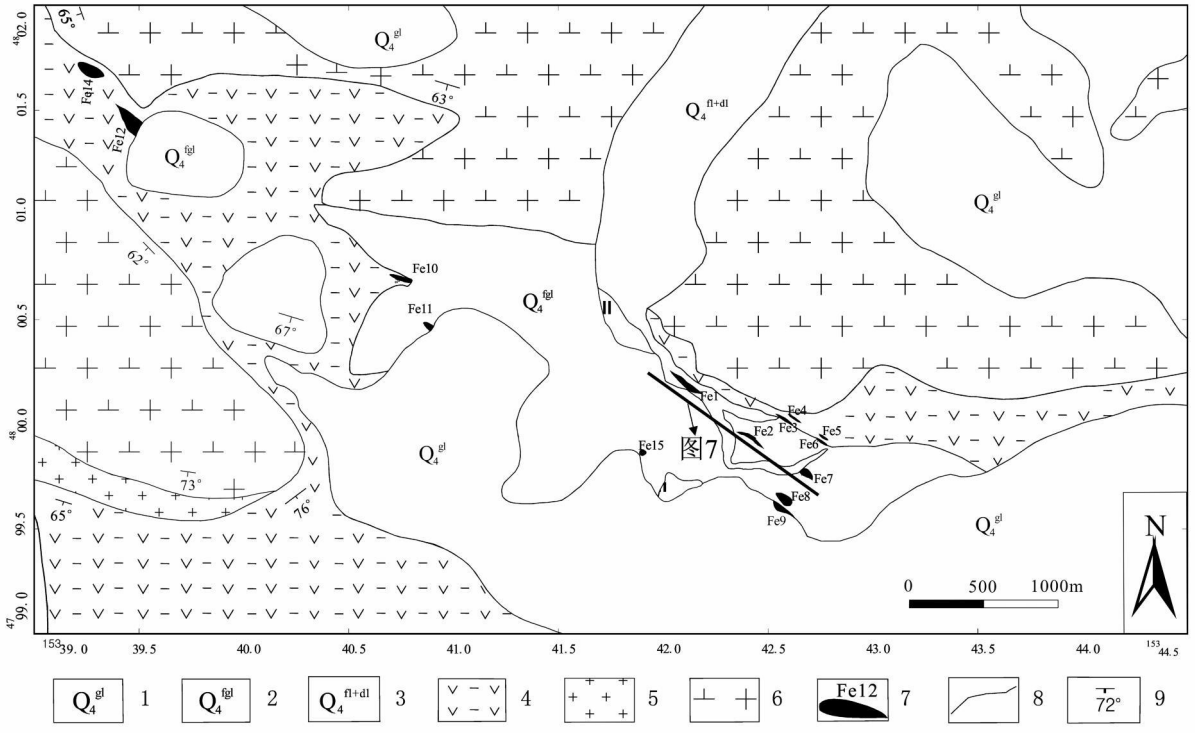


图 6 智博铁矿区地质图(据❶修改)

1—第四系冰川; 2—第四系冰积物; 3—第四系冲积、坡积物; 4—安山岩; 5—花岗闪长岩; 6—石英闪长岩; 7—磁铁矿体; 8—地质界线; 9—地层产状

Fig. 6 Geological map of the Zhibo iron district (modified after No. 3 Geological Party, 2011❶)

1—Quaternary glacier; 2—Quaternary ice deposits; 3—Quaternary residual and slope wash materials; 4—Andesite; 5—Granite diorite; 6—Quartz diorite; 7—Magnetite ore body; 8—Geological boundary; 9—Attitude of strata

硅化通常以不规则的脉状、网状叠加、穿插铁矿体和早期的围岩蚀变。

在总结以往的生产和研究资料的基础上, 冯金星等(2010)认为智博铁矿床是岩浆矿床(主要)和热液矿床(次要)的复合型矿床; 蒋宗胜等(2012a)获得矿区大哈拉军山组英安岩和闪长岩的锆石 U-Pb 年龄分别为(300.3±1.1) Ma、(305.0±1.1) Ma, 属于高钾钙碱性到碱玄岩系列火山岩-侵入岩, 指示该地区的构造格架于晚石炭世开始, 由汇聚转向后碰撞的伸展, 是铁成矿的有利构造环境。矿区出露的花岗岩和闪长岩形成时代分别为 304.1 Ma 和 294.5 Ma, 具有后碰撞 A 型花岗岩的地球化学特征(Zhang X et al., 2012)。蒋宗胜等(2012b)、王志华等(2012)认为智博铁矿与火山活动有密切的成因联系, 可能主要由晚石炭世大陆岛弧岩浆活动分异的富铁岩浆流体形成, 铁矿化与火山活动的岩浆-热液的交代作用有关。结合上述研究成果及智博铁矿的赋矿围岩、矿石组构、矿物组合和钾-钙质为主的蚀变特征, 认为该铁矿属于海相火山岩型铁矿大类的火山岩浆-热液型亚类。

3.4 查岗诺尔铁矿

矿区出露的地层主要为石炭系大哈拉军山组和伊什基里克组以及第四系(图 8)。矿床赋存于大哈拉军山组中-上部的火山碎屑岩和火山熔岩中, 以安山质晶屑岩屑凝灰岩为主, 局部夹透镜状大理岩, 偶见玄武岩、粗面安山岩和流纹岩等。矿体受 NW 向、NWW 向、NE 向断裂及环形断裂构造控制(图 8)。矿区侵入岩较为发育, 主要呈岩株、岩枝、岩墙状, 少见呈岩基状, 其东北部则发育较多的花岗岩类岩体, 可见正长花岗岩、闪长岩等岩体及煌斑岩、英安岩、英安斑岩等岩脉, 周围发育绿泥石化、绿帘石化、钾长石化和碳酸盐化等蚀变。

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2011. 新疆和静县诺尔湖铁矿详查地质报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

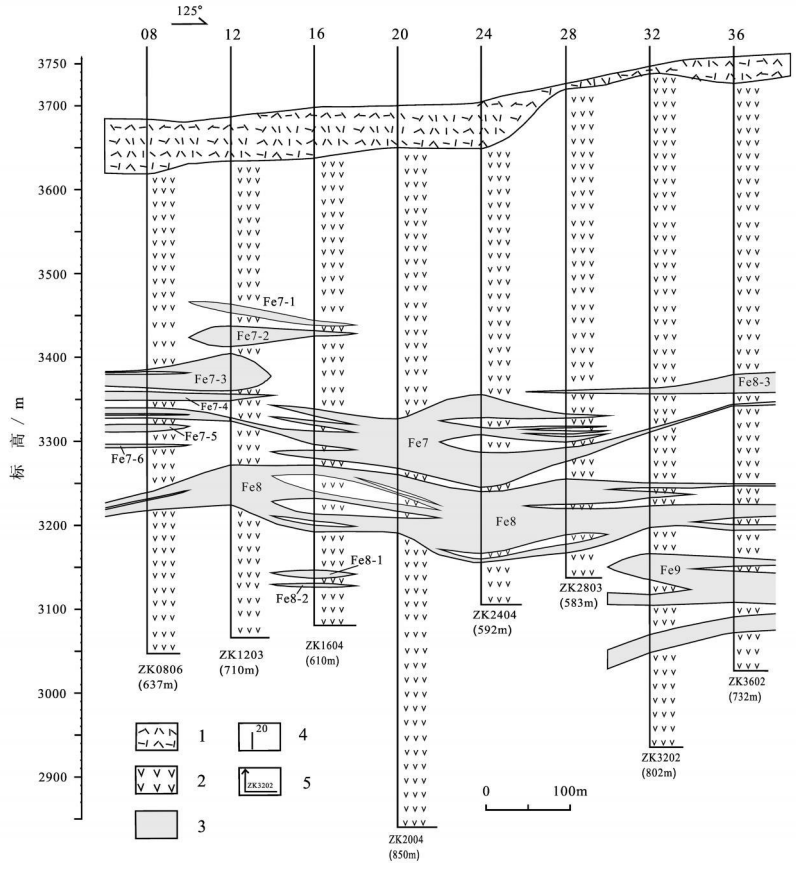


图 7　智博铁矿 C—C′ 勘探线剖面图(据❶修改)

1—第四系；2—安山岩、凝灰岩；3—铁矿体；4—勘探线及编号；5—钻孔编号及孔深

Fig. 7　Simplified geological section along C—C′ exploration line of the Zhibo iron deposit(modified after No. 3 Geological Party, 2011❶)

1—Quaterary; 2—Andesite and tuff; 3—Iron ore body; 4—Exploration line and its serial number; 5—Serial number and depth of drill hole

矿区已圈定矿体 6 个，位于矿区东部的 Fe Ⅰ和西部的 Fe Ⅱ是最大的 2 个矿体，两者以查汗乌苏河为界。Fe Ⅰ是最主要的矿体，占矿石总资源量的 95%以上。Fe Ⅰ矿体位于南北向断裂 F8 和 F10 之间，平面上总体呈 NE—SW 向，矿体中部微向东南凸出并显著膨大，向北被第四系覆盖，向南逐渐尖灭，且南段明显凹向西北(图 8)。矿体长约 2 900 m，总体向东倾，倾向为 105 ~ 153°，倾角 15 ~ 36°，局部水平产出，或稍微向北倾。矿体底板的大理岩的倾向大致为 95 ~ 101°，倾角 15 ~ 23°；单工程见矿厚度最小为 3.65 m，最大为 218 m，平均厚度为 64.2 m。矿石品位最高 64.2%，最低 20.2%，平均品位为 35.6%(冯金星等，2010)。矿体形态比较规则，呈层状、似层状、透镜状，具分枝复合、膨大狭缩、尖灭再现的特征(图 9)。矿体在地表出露部分，自东向西依次为石榴子石蚀变带、磁铁矿体、阳起石蚀变带及大理岩蚀变带。矿体顶板为安山质凝灰岩，底板为透镜状大理岩，由顶板到底板自上而下，发育安山质凝灰岩、石榴子石岩、石榴子石化阳起石岩、磁铁矿体、石榴子石化阳起石岩、绿泥石化绿帘石化安山岩及大理岩。与大理岩接触的上覆安山岩发育青磐岩化及少量的磁铁矿化，而大理岩发育透辉石化、方柱石化，二者呈渐变过渡关系；因钻孔未穿透大理岩，与下伏的安山岩接触关系不清楚。

矿石矿物主要为磁铁矿，伴生黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、镜铁矿等；脉石矿物有石榴子石、阳起石、绿帘石、绿泥石、透辉石、透闪石、方解石和石英等。在靠近大理岩的接触带中则出现方柱石，透辉石、透闪石亦相应增多。氧化矿石矿物则有褐铁矿、蓝铜矿、孔雀石等。矿石构造以角砾状、斑点状、斑杂状、豹

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第三地质大队. 2011. 新疆和静县诺尔湖铁矿详查地质报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

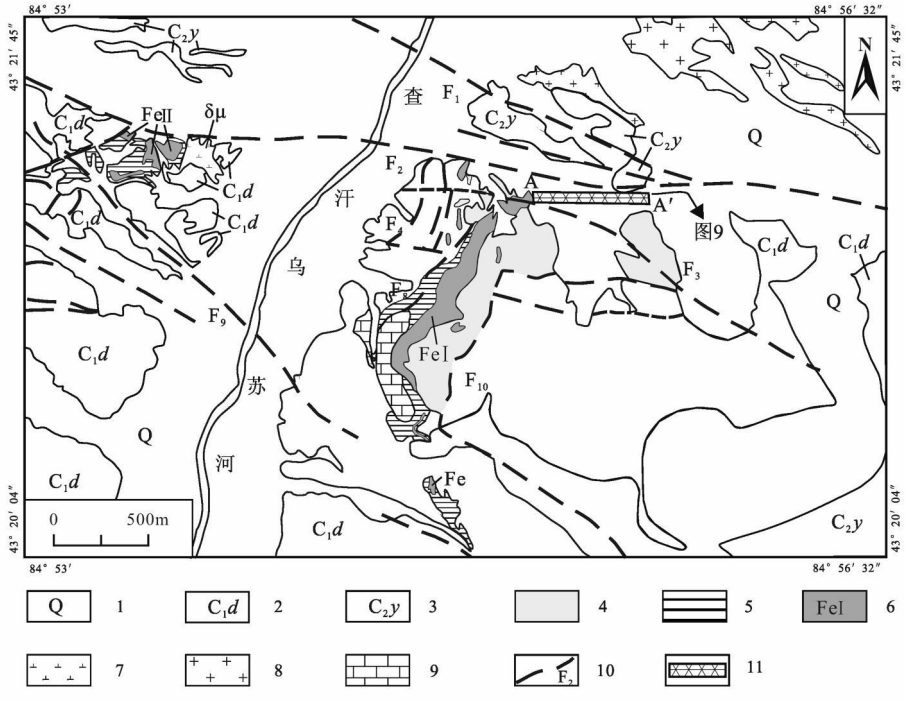


图 8 查岗诺尔铁矿区地质图(据冯金星等, 2010; 洪为等, 2012a 修改)

1—第四系冰积物及坡积物; 2—大哈拉军山组火山岩; 3—伊什基里克组火山岩; 4—石榴子石矽卡岩; 5—阳起石-绿帘石矽卡岩; 6—铁矿体; 7—闪长岩; 8—正长花岗岩; 9—大理岩; 10—断层; 11—A-A′剖面线

Fig. 8 Geological map of the Chagangnuoer iron district (modified after Feng et al., 2010; Hong et al., 2012a)

1—Quaternary ice deposits and slope wash materials; 2—Volcanic rocks of Dahalajunshanzu Formation; 3—Volcanic rocks of Yishijilike Formation; 4—Garnet skarn; 5—Actinolite-epidote skarn; 6—Iron ore body; 7—Diorite; 8—Syenogranite; 9—Marble; 10—Fault; 11—A-A′ section line

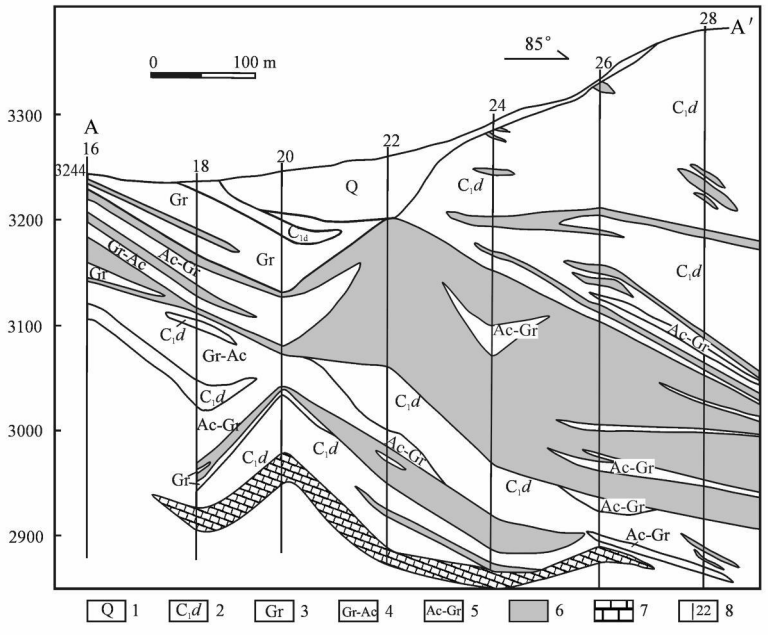


图 9 查岗诺尔铁矿床 A—A′勘探线剖面图(据冯金星等, 2010; 洪为等, 2012a 修改)

1—第四系; 2—大哈拉军山组; 3—石榴子石矽卡岩; 4—石榴子石-阳起石矽卡岩; 5—阳起石-石榴子石矽卡岩; 6—铁矿体; 7—大理岩; 8—勘探线及编号

Fig. 9 Simplified geological section along A—A′ exploration line of the Chagangnuoer iron deposit (modified after Feng et al., 2010; Hong et al., 2012a)

1—Quaternay; 2—Dahalajunshan Formation; 3—Garnet skarn; 4—Garnet-actinolite skarn; 5—Actinolite-garnet skarn; 6—Iron ore body; 7—Marble; 8—Exploration line and its serial number

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

纹状浸染状构造分布较为普遍，其次是块状或致密块状构造。矿石结构以他形-半自形粒状结构、半自形-自形粒状结构为主，交代结构、填隙结构、包含结构、共生边结构等次之。洪为等(2012b)根据矿石组构和矿物生成的先后关系，划分出岩浆期和热液期(包括矽卡岩亚期和石英-硫化物亚期)2 个成矿期，进一步可以细分为磁铁矿-透辉石阶段、绿泥石-黄铁矿阶段、磁铁矿-石榴子石-阳起石阶段、绿帘石-绿泥石阶段、硫化物阶段和石英-碳酸盐化阶段 6 个成矿阶段。

矿床广泛发育石榴子石化、阳起石化、透辉石化、透闪石化、绿帘石化、绿泥石化以及碳酸盐化和硅化等围岩蚀变，在平面上按不同岩石组合，自东而西可大致分出石榴子石(-阳起石)蚀变带→磁铁矿体→阳起石(-绿帘石-绿泥石)蚀变带及大理岩蚀变带(图 8)。在纵剖面上，也呈现石榴子石化、阳起石化、绿帘石、绿泥石化等变化，大致在磁铁矿体两侧呈对称分布(图 9)。

矿区的大哈拉军山组火山岩属于钙碱性-高钾钙碱性-碱玄岩系列，其形成环境可能为岛弧环境或大陆边缘弧环境(汪帮耀等，2011b；蒋宗胜等，2012a)，洪为等(2012c)获得的石榴子石 Sm-Nd 等时线年龄为(316.8 ±6.7) Ma，稍晚于汪帮耀等(2011b)报道的矿区火山岩形成年代(~321 Ma)，而与蒋宗胜等(2012a)所测得的矿区火山岩的形成时代(~302 Ma)相差略大。对查岗诺尔铁矿的成因有火山岩型铁矿床(徐祖芳，1984)、火山(喷气)沉积改造型矿床(王庆明等，2001)、以岩浆矿床为主的复合型矿床(冯金星等，2010；汪帮耀等，2011a)、以热液交代(矽卡岩化)成矿为主的多成因矿床(洪为等，2012a；2012b；2012c)等几种不同的认识。鉴于查岗诺尔铁矿赋存于大哈拉军山组以安山质晶屑岩屑凝灰岩为主、局部夹透镜状大理岩的岩层中，矿石组构表现出热液流体充填-交代作用的特征，发育石榴子石、透辉石、阳起石(+方柱石)等高温的矽卡岩蚀变矿物和绿泥石、绿帘石、硫化物、石英、方解石等退化蚀变矿物，结合已有的研究成果，将该矿归于海相火山岩型大类的类矽卡岩型亚类。

3.5　松湖铁矿

矿区出露的地层有中-上泥盆统坎苏组、石炭系大哈拉军山组、阿克沙克组、伊什基里克组、中-下侏罗统喀什河组、古近系红色岩组和第四系陆源碎屑沉积物。其中赋矿围岩为石炭系大哈拉军山组第二岩性段，是一套火山碎屑岩-碳酸盐组合(曾称为阿吾拉勒组，单强等，2009b；王军年等 2009)。矿区整体呈现单斜构造，局部地层见小的褶曲和变形，发育规模较小的断裂构造；未见侵入岩出露，仅在近矿断裂破碎带中见沿裂隙分布的呈网脉状的碳酸盐脉及少量石英细脉(图 10)。

地表圈定 4 个主要矿体，但钻孔显示矿区西侧的 3 个矿体在深部其实是 1 个矿体(即 L_1 矿体)。赋矿围岩主要为凝灰质砂岩，其次为砂屑灰岩和钙质粉砂岩，L_1 矿体与围岩呈整合接触。顶、底板均为灰绿色、灰紫色晶屑凝灰岩。主矿体 L_1 形态呈不规则的似层状、透镜状，近 EW-NWW 向展布，总体产状为 180~212°∠75~84°，局部北倾或近直立，推测矿体总体向东侧伏，走向长约 735 m，倾向上控制斜深最深约480 m，中西部较厚，向两端逐渐变薄，具有膨大收缩、分枝复合、尖灭再现的现象(图 11)。主矿层(体)厚度为 0.82~67.22 m，平均厚 22.24 m，矿石 TFe(全铁)品位 22.23%~52.16%，平均品位 45.03%❶。

金属矿物主要为磁铁矿，其次为赤铁矿、镜铁矿、黄铁矿、黄铜矿；脉石矿物有钾长石、绿泥石、绿帘石、阳起石、方解石、石英。矿石构造包括块状、条带状、角砾状、脉状、浸染状等；矿石主要呈半自形-他形粒状结构，少数呈自形粒状结构、交代结构等。王春龙等(2012)根据矿物共生组合及相互穿插关系，划分出钾长石-绿泥石-磁铁矿阶段、阳起石-绿帘石-磁铁矿阶段、磁铁矿-硫化物阶段以及石英-方解石-硫化物阶段等多个成矿阶段，其中的磁铁矿-硫化物阶段是主要的成矿阶段。

矿床发育钾长石化、绿泥石化、绿帘石化、方解石化、阳起石化、硅化、黄铁矿化、黄铜矿化、赤铁矿化等围岩蚀变。在垂向上，方解石化、绿泥石化、硅化及绿帘石化主要发育于浅部，黄铁矿化、黄铜矿化、阳起石化则在深部更为强烈；在水平方向上，自矿体向外，通常依次为磁铁矿→钾长石化→绿帘石化与绿泥石化，尤其是条带状的磁铁矿石中，而碳酸盐化与硅化常叠加早期的蚀变，穿插磁铁矿、钾长石、绿泥石、绿帘石、阳起石等矿物。

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第七地质大队. 2007. 新疆尼勒克县松湖铁矿详查报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

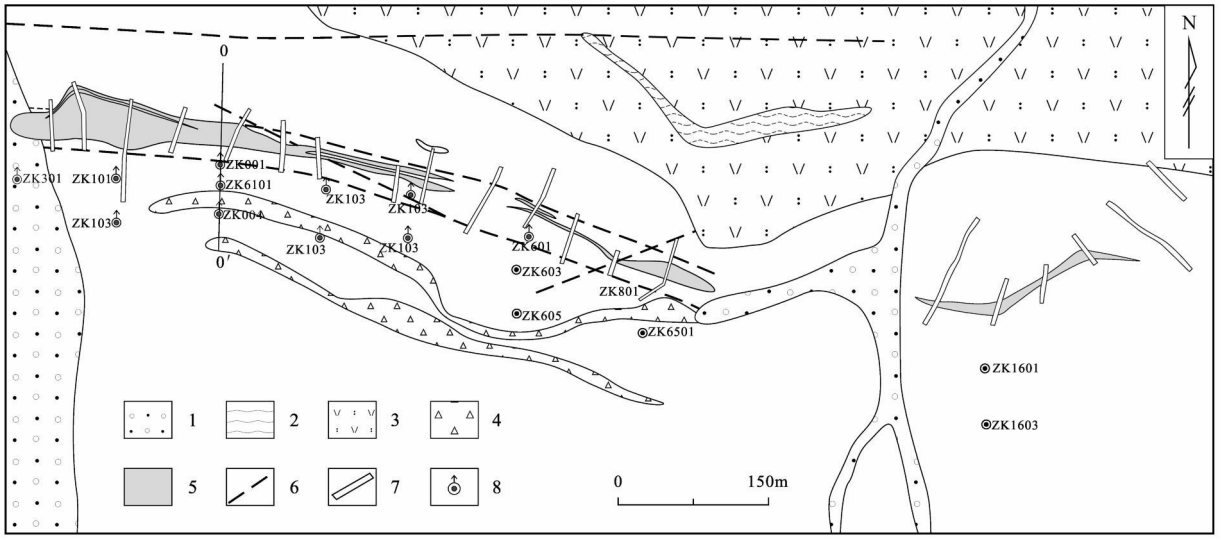


图 10 松湖矿区地质图(据❶修改)

1—第四系; 2—淡紫色凝灰岩; 3—紫色晶屑岩屑凝灰岩; 4—浅紫色凝灰角砾岩; 5—铁矿体; 6—断裂; 7—探槽; 8—钻孔及编号

Fig. 10 Geological map of the Songhu iron district (modified after No. 7 Party❶)

1—Quaternary; 2—Light purple tuff; 3—Purple crystal-debris tuff; 4—Light purple tuff breccias; 5—Iron ore body; 6—Fault; 7—Trench; 8—Drill hole and its serial number

王军年等(2009)根据矿床地质特征和赋矿岩系特征, 提出松湖铁矿属于与海相火山-侵入活动有关的弱磁性沉积型铁矿床的观点。单强等(2009a; 2009b)研究了黄铁矿的特征和微量元素地球化学以及铁成矿阶段黄铁矿的钴含量和 Co/Ni 比值, 提出该矿是与火山岩有关的沉积型铁矿床。矿区火山岩、矿石以及磁铁矿的稀土和微量元素特征指示铁矿形成于相对还原的环境, 成矿物质来源自深部, 并有海水的加入, 是火山热液交代作用的产物(王春龙等, 2012)。上述研究均肯定松湖铁矿与海相火山活动有关, 但具体的成矿方式存在争议, 王军年等(2009)和单强等(2009a; 2009b)认为沉积作用导致铁成矿, 而王春龙等(2012)则强调火山热液的交代作用。考虑到松湖铁矿缺乏典型沉积型铁矿的矿物组合(如铁碧玉、重晶石等)、发育钾长石化、阳起石化、绿帘石化与绿泥石化等较高温度的蚀变矿物以及围岩蚀变的空间分布, 本文暂且将松湖铁矿归于海相火山岩型铁矿大类的火山岩浆-热液型亚类。

3.6 式可布台铁矿

式可布台铁矿床位于新源县东北预须开普台村以北, 主矿体由伊犁钢铁有限责任公司开采。矿区出露的主要地层为石炭系伊什基里克组(也有称东图津河组, 莫江平等, 1997; 则克台组, 袁涛, 2003, 卢宗柳等, 2006), 是式可布台向斜构造的主要组成部分, 其南翼出露较为完整, 北翼被断层破坏、不甚完整, 出露最大厚度达 2 650 m, 是一套海-陆相酸性火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩和泥砂质沉积岩及少量火山熔岩, 按喷发-沉积韵律及岩性特征可以分为 4 个岩性段。岩石普遍遭受千枚岩化变质作用。局部地段发育小的岩株状、脉状侵入体, 主要为闪长岩和石英钠长斑岩, 以及部分超浅成的次火山岩。矿区整体呈现出向斜构造及其次级褶曲, 两条 EW 向的大断裂贯穿全区, 夹住主要的矿体(图 12)。

矿体赋存于石炭系伊什基里克组第二段(C_2y^2)(弱变质海相火山-沉积岩)岩层之中, 其长度断续分布可达 4.6 km, 宽约 1.3 km, 由上部层位的洛北矿体、主矿体、东矿体, 中部层位的西矿体、西南矿体, 下部层位的南矿体及东南矿体组成(图 12)。矿体形态比较规则, 走向上多呈层状、似层状、透镜状和扁豆状, 剖面上呈层状、透镜状斜列出现(图 13)。矿体的产出严格受层位的制约, 产状与围岩一致, 并与地层同步褶曲。矿层与顶板、底板及夹层岩相变化较大,

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第七地质大队. 2007. 新疆尼勒克县松湖铁矿详查报告. 内部资料.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

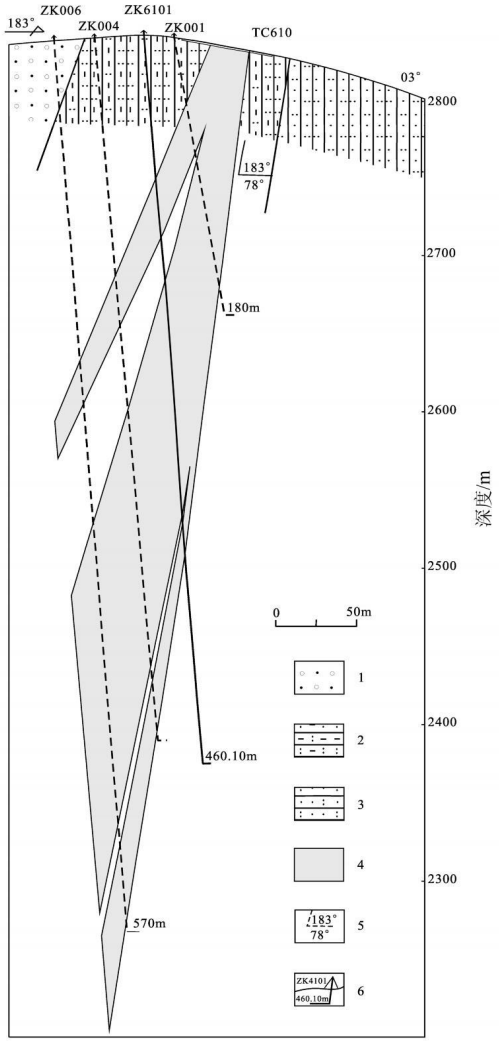


图 11　松湖矿区 0—0′勘探线剖面图(据❶修改)

1—第四系；2—凝灰质粉砂岩；3—凝灰质砂岩；4—铁矿体；5—产状；6—钻孔位置、孔深和编号

Fig. 11　Simplified geological section along 0-0′ exploration line of the Songhu iron deposit (modified after No. 7 Party❶)

1—Quaterary; 2—Tuffaceous siltstone; 3—Tuffaceous sandstone; 4—Iron orebody; 5—Occurrence; 6—Location, depth and serial number of drill hole

沿走向局部呈现尖灭再现的现象，具有沉积型矿床的形态特征。围岩蚀变不甚发育，主要有绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化和碳酸盐化等。

铁矿体一般由不同厚度的块状、薄层状赤铁矿和绢云片岩或绢云母千枚岩互层组成，矿层少则 2 层，多则 20 余层。矿体顶、底板处多为绢云母片岩或绢云母千枚岩。矿体长 100～400 m，最长 900 m，厚 3～15 m。矿体产状倾向北，倾角 40～70°。其中主矿体在平面上呈一个中间厚两边薄的透镜状，长 800～900 m，单层厚 1～15 m，总厚可达 70 m。矿石 TFe(全铁)平均 56.66%，最高可达 66.78%，富铁矿石占 70%以上。局部地段具有上铁下铜的分布特征，在 ZK2101 钻孔 150 m 深处的铁矿层之下，见块状含 Cu 的黄铁矿，厚 12 m，Cu 品位达 0.96%❷。

矿石矿物主要为赤铁矿，次有少量镜铁矿、磁铁矿、菱铁矿、黄铁矿(深部黄铁矿含量高)等；脉石矿物有石英、碧玉、重晶石、长石、绢云母、滑石、绿泥石等。矿石构造主要有块状、叶片状、条带状、脉状、浸染状等，而条带状构造中赤铁矿与碧玉广泛共生、互层呈条带状，表明成矿与热水喷流沉积作用有关。矿石结构主要为微晶质、细晶质结构以及细粒结构、胶状结构等。

式可布台铁矿曾被认为是热液富集的沉积变质/热液交代矿床❸、火山岩型❹、与含铁碧玉建造有关的火山-沉积矿床(华明弟，1985)，以及矿浆喷溢、喷发沉积、沉积火山热液综合作用的结果(田培仕，1990)。近年来认为它为海底火山喷流-热水沉积矿床(莫江平等，1997；卢宗柳等，2006)或海底热水沉积矿床(袁涛，2003)。矿区内所发现的火山弹为火山成矿作用提供了可靠证据(王曰伦等，1980)。铁矿层及其顶、底板中发育的大量透镜状红色碧玉以及纹层状的重晶石均指示成岩成矿与火山喷流-热水沉积作用有关。矿石矿物的放射性同位素组成指示成矿金属物质来自上地幔或深部地壳源区；稳定同位素组成显示成矿流体主要是岩浆水，并有海水的混入，也有部分深部地幔硫源的加入；流体包裹体的研究表明成矿流体具有中低温、低盐度、低密度、酸性、相对还原的特征，与海底火山喷流作用有关(莫江平等，1997；卢宗柳等，2006)。根据前人研究的成果和矿床地质特征，式可布台铁矿床应该属于海相火山岩型铁矿大类的火山沉积型亚类。

❶ 新疆地质矿产勘查开发局第七地质大队. 2007. 新疆尼勒克县松湖铁矿详查报告. 内部资料.

❷ 新疆冶金勘探公司. 1982. 新疆新源县预须开普台(式可布台)铁矿普查评价地质报告. 内部资料.

❸ 式可布台勘探报告. 1959. 内部资料.

❹ 中国地质科学院地质矿产研究所. 1975. 我国富铁矿床三十例.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

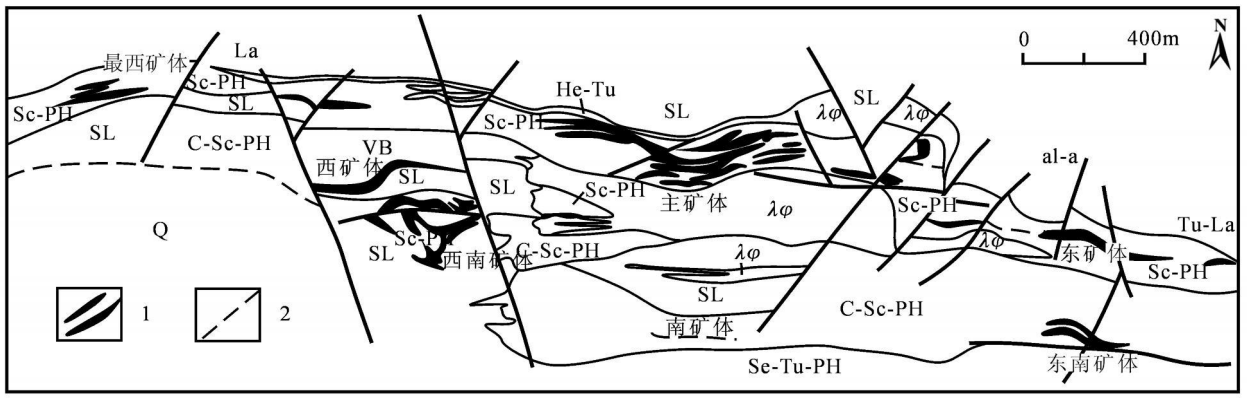


图 12 式可布台矿区地质图(据田培仕, 1990 修改)

Q—第四系; La—酸性岩及凝灰岩; SL—绢云绿泥粉砂岩; al—a-绿泥安山岩; Tu-La—酸性凝灰岩; Sc-PH—绢云千枚岩; C-Sc-PH—绿泥绢云千枚岩; VB—安山角砾岩; Se-Tu-PH—绢云母凝灰千枚岩; He-Tu—含铁凝灰岩; λφ—石英钠长斑岩; 1—铁矿体; 2—断裂

Fig. 12 Geological map of the Shikebutai iron district (modified after Tian, 1990)

Q—Quaternary; La—Acid rocks and tuff; SL—Sericite-chlorite siltstone; al—a-Chlorite andesite; Tu-La—Acid tuff; Sc-PH—Sericite phyllite; C-Sc-PH—Chlorite-sericite phyllite; VB—Andesitic breccias; Se-Tu-PH— Sericite tuffaceous phyllite; He-Tu— Iron-bearing tuff; λφ—Quartz albite porphyry; 1—Iron orebody; 2—Fault

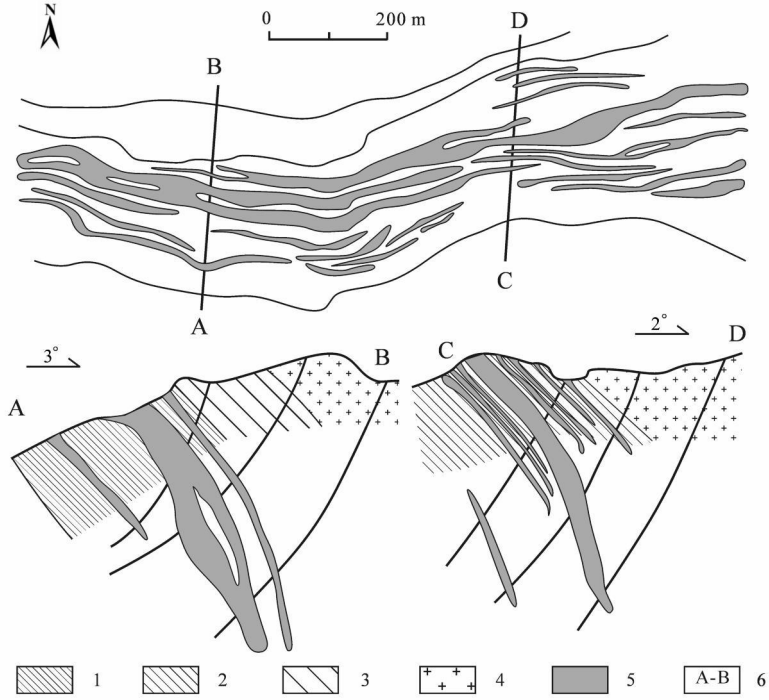


图 13 式可布台矿区主矿体形态图(据袁涛, 2003 修改)

1—紫红色千枚岩; 2—绢云母片岩; 3—绿色板岩; 4—石英钠长斑岩; 5—铁矿体; 6—剖面名称及位置

Fig. 13 Major ore body features of the Shikebutai iron district (modified after Yuan, 2003)

1—Purplish red phyllite; 2—Sericite schist; 3—Green slate; 4—Quartz albite porphyry; 5—Iron ore body; 6—Cross section and its location

4 成矿背景与成矿过程

4.1 形成环境

西天山地区在晚古生代经历了显著的侧向和垂向增生(Windley et al., 1990; Xiao et al., 2009), 强烈的构造运动和岩浆活动形成了该地区大规模的火山岩组合, 伴随有大量铁铜金的富集(张作衡等, 2008b)。作为中亚成矿域的一部分, 西天山地区晚古生代火山作用与铁铜多金属富集的关系, 受到众

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

多学者的关注(肖文交等, 2006; 朱永峰等, 2007)。大哈拉军山组火山岩作为主要的赋矿围岩, 被认为形成于活动大陆边缘或岛弧环境(朱永峰等, 2005; 钱青等, 2006; Wang et al., 2007; 孙林华等, 2007; 龙灵利等, 2008), 也有学者认为其形成于大陆裂谷或与地幔柱有关的裂谷环境(车自成等, 1996; 夏林圻等, 2004)。火山岩 Sr-Nd 同位素以及岩浆锆石 U-Pb 测年、Hf 同位素研究表明(朱永峰等, 2006a; 2006b; 翟伟等, 2006; Zhu et al., 2009), 大哈拉军山组火山岩的岩浆源区性质在时间-空间上具有一定的变化规律, 西天山晚泥盆世—早石炭世岛弧自西向东逐渐消亡, 火山岩的形成时代逐渐变新。从晚石炭世开始, 构造体制从俯冲体制向碰撞后环境转变, 发育有碰撞后富钾岩浆的喷发(朱永峰等, 2006a; 罗勇等, 2009)。西天山地区金铜铁的富集, 整体表现出西段以斑岩型铜矿床和热液型金银矿床为主(以阿希-京希-伊尔曼德金-铜矿集区、达巴特-喇嘛苏斑岩铜钼金矿集区和冬吐劲-莱历斯高尔斑岩铜钼矿集区为代表), 东部则出现大量铁矿床(以阿吾拉勒铁成矿带为代表), 这可能与新疆西天山东、西段的构造差异有一定关系。

研究表明, 阿吾拉勒铁成矿带内古火山机构发育, 可能存在多个火山活动中心, 如艾肯达坂火山活动中心、吐尔拱火山活动中心等(陈毓川等, 2008)。遥感影像资料和航磁环形异常也显示查岗诺尔-备战一带环状断裂发育, 放射状断裂十分发育, 具有破火山口机构的具体位置特征(冯金星等, 2010)。带内石炭纪火山活动对铁矿床的形成具有明显的制约作用, 铁矿的分布主要受带内的火山活动中心控制(陈毓川等, 2008)。显然, 进一步确定古火山机构的具体位置对于带内火山岩型铁矿的勘查与研究都具有十分重要的意义, 当然这需要更多的火山岩岩相组合以及区域构造的研究。查岗诺尔和智博矿区的大哈拉军山组高钾钙碱性火山岩具有大陆岛弧火山岩的地球化学特征, 其锆石 U-Pb 年龄为 321 Ma(汪帮耀等, 2011b)以及 300 ~ 302 Ma(蒋宗胜等, 2012a)。结合备战矿区获得的 301 ~ 304 Ma 火山岩年龄(Zhang et al., 2012), 认为阿吾拉勒成矿带内的火山活动是一个长期的、多旋回的过程, 为多个铁矿床的形成提供了充足的物源与热源。Zhang X 等(2012)对智博矿区内出露的花岗岩和闪长岩研究, 认为它们具有后碰撞 A 型花岗岩地球化学特征, 形成时代为 304.1 Ma 和 294.5 Ma, 矿区在石炭纪晚期处于俯冲-碰撞的后期阶段, 铁矿受碰撞后花岗质岩浆活动的叠加改造。早二叠世的钾质-超钾质岩浆活动可能与矿区内铜矿化有一定联系(牛贺才等, 2012)。上述研究表明, 阿吾拉勒铁成矿带在石炭纪晚期可能属于碰撞造山晚期阶段的陆缘弧环境, 局部存在挤压-伸展转变的环境。这种环境有利于铁矿的形成, 如坎德拉里亚(Candelaria)地区产于活动大陆边缘局部伸展环境的铁氧化物型矿床(Oyarzun et al., 1999; Groves et al., 2010)。

4.2　矿床类比与成矿过程

阿吾拉勒成矿带内多个铁矿床具有一些共同的成矿地质特征: ① 矿石以磁铁矿为主, 具有富铁低硫贫磷的特点, 磁铁矿的钛含量很低, 晚期有少量黄铁矿及黄铜矿伴生; ② 产于相同的动力学背景下, 围岩多为大哈拉军山组中基性火山岩和火山碎屑岩, 以高铁富碱的安山岩和安山质凝灰岩为主, 部分矿区有一些碳酸盐岩地层; ③ 矿体多受古火山机构及断裂构造控制, 有时可见角砾状矿石, 可能与隐爆作用或者充填贯入作用有关; ④ 发育有不同程度的围岩蚀变, 整体以钠(钾)-钙质蚀变为主, 常见有透辉石化、绿帘石化、阳起石化、钾长石化、石榴子石化、钠长石化、碳酸盐化等。这些地质特征显示出带内火山岩型铁成矿作用与火山-次火山岩的喷发、侵入活动有关, 成矿过程伴随有不同程度的火山热液交代作用, 类似于其他岩浆-热液成因铁矿床。由于成矿地质条件的复杂多样, 带内各矿床表现出不同的蚀变特征与矿物组合。在火山机构、断裂十分发育的条件下, 成矿流体具有良好的循环性及渗透性, 交代碳酸盐岩地层或富钙火山凝灰岩便会形成矽卡岩化蚀变, 如查岗诺尔铁矿, 洪为等(2012a; 2012b; 2012c)认为该矿区内的矽卡岩化对磁铁矿的形成有重要的作用。

中国长江中下游地区发育有一系列与陆相火山岩-次火山岩有关的铁矿床, 并且多伴生有铜(金)等其他金属元素, 成矿作用具有复杂多样的特点。最近, 毛景文等(2012)在玢岩铁矿成矿模式(宁芜研究项目编写小组, 1978)的基础上, 将长江中下游地区玢岩型铁矿进一步划分为 4 个成矿系统, 并提出了白垩纪陆相火山-侵入岩有关的铁多金属矿床模型。它们的赋矿围岩以中酸性火山岩-次火山岩为主, 由于围岩岩性的差异发育不同的蚀变矿物组合, 而整体上则以钠(钾)钙质蚀变为主, 磁铁矿多具有块状、浸染状、流动状等组构, 化学成分则以低钛为特征,

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 西天山火山岩型铁矿(以查岗诺尔和智博为例)与国内外火山-侵入作用有关的铁矿及"矿浆型"铁矿对比

Table 2 Comparisons between volcanic iron deposits in western Tianshan Mountains (exemplified by Chaganguoer and Zhibo) and volcanic-intrusive iron deposits related to volcanic-intrusive activities and "ore magma" iron deposits in China and abroad

矿床	矿床类型	成矿时代/Ma	构造背景	赋矿围岩	主要矿物组合	主要蚀变特征	矿石结构构造特征	磁铁矿成分特征	参考文献
查岗诺尔	火山岩型	~317	大陆岛弧	安山岩-安山质凝灰岩、大理岩	Mag + Kfs + Ep + Grt + Di + Act	石榴子石-透辉石-阳起石-绿帘石化	块状、浸染状、角砾状、豹斑状磁铁矿、条带状磁铁矿	低Cr、Ti	汪帮耀等,2011a;2011b;洪为等,2012a;2012b;2012c;蒋宗胜等,2012a
智博	火山岩型	300~320?	大陆岛弧	玄武岩、安山岩-安山质凝灰岩	Mag + Ep + Kfs + Di + Act	透辉石-钠长石化、阳起石化-钾长石-绿帘石化	块状、浸染状、角砾状、板条状、树枝状、流动状磁铁矿	高V(部分),低Cr、Ti	蒋宗胜等,2012a;2012b;王志华等,2012
姑山	矿浆型	123~137	断陷火山盆地	安山岩-安山质凝灰岩、辉石闪长玢岩、页岩	Mag + Hem + Ap + Ab + Act	钠长石化、阳起石化、碳酸盐化、绿泥石化,高岭土化	流动构造、气孔构造、淬火构造、角砾构造、熔渣构造、菊花构造、条带构造、致密块状构造、树枝状、骨架状磁铁矿	相对高 V、Ti	Hou et al., 2009; Yu et al., 2011;毛景文等,2012
大冶	矽卡岩型	131~140	大陆边缘	灰岩、白云质灰岩、中基性-酸性岩体	Mag + Ccp + Grt + Di + Ab + Bt	石榴子石-透辉石-方柱石化、金云母-透辉石化	块状、浸染状、花斑状、角砾状、条带状磁铁矿;气孔状构造;交代结构、充填结构		赵一鸣等,1990;Zhai et al.,1996;毛景文等,2006;谢桂青等,2008
大红山	海相火山岩型	?	海底古火山	火山喷发-沉积变质岩系	Mag + Hem + Ccp + Ab + Bt	钠长石化、硅化、绢云母化	主要为块状、浸染状、条纹条带状磁铁矿	低 Ti	钱锦和等,1990
瑞典基鲁纳(Kiruna)	矿浆型	1800~1900	克拉通地壳伸展-裂谷环境	粗面岩、碱性流纹岩、正长岩	Mag + Ap + Ab + Act	钠长石-方柱石化、阳起石化	柱状、板条状、树枝状磁铁矿;囊状构造;流动状磁铁矿;磁铁矿八面体晶体;角砾状磁铁矿	高V,低 Cr、Ti	Frietsch, 1978;Cliff et al., 1990; Nystrom et al., 1994; Frietsch et al., 1995
智利拉科(El Laco)	矿浆型	~2	大陆弧、伸展环境	安山岩、英安岩	Mag + Ap + Di + Act	透辉石化-阳起石化	磁铁矿流;磁铁矿八面体晶体;柱状、板条状、树枝状磁铁矿;囊状构造;角砾状磁铁矿	高V,低 Cr、Ti	Bookstrom, 1977; Henríquez et al., 1998;
智利坎德拉里亚(Candelaria)	矿浆型	110~116	大陆弧、伸展环境	安山岩,英安岩,粉砂岩	Mag + Ap + Ab + Act + Bt + Hem	钠长石-阳起石化、黑云母化	柱状、板条状、树枝状磁铁矿;囊状构造;磁铁矿流;磁铁矿八面体晶体;角砾状磁铁矿	高 V,低 Cr、Ti	Oyarzun et al., 1999; 2002; Groves et al., 2010
秘鲁马尔科纳(Marcona)	矿浆型?	~160	弧后盆地	安山岩-英安岩、变质沉积岩	Mag + Act + Bt	黑云母-钾长石化	少量柱状、板条状磁铁矿;少量囊状构造;少量磁铁矿八面体晶体;少量角砾状磁铁矿	高V,低 Ti	Chen et al., 2010a; 2010b

注:Grt—石榴子石;Di—透辉石;Ab—钠长石;Kfs—钾长石;Act—阳起石;Ep—绿帘石;Bt—黑云母;Ap—磷灰石;Mag—磁铁矿;Hem—赤铁矿;Ccp—黄铜矿。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

明显不同于岩浆结晶过程形成的高钛磁铁矿(表 2)。尽管火山岩的喷发环境不同，阿吾拉勒成矿带铁成矿过程与长江中下游地区陆相火山-侵入岩有关的铁成矿过程有一定相似之处。

近年来，以瑞典基鲁纳(Kiruna)铁矿和智利拉科(El Laco)、坎德拉里亚(Candelaria)铁矿为代表的富铁氧化物矿床成因研究成为国际矿床界研究的热点，其成因概括起来主要有富铁熔体(矿浆)喷溢-充填成因(Park，1961；Frietsch，1978；Nystrom et al.，1994；Henriquez et al.，2003)和热液交代成因(Sillitoe et al.，2002)两种观点。这些铁矿具有一系列指示矿浆成因的野外地质特征与矿石结构，如磁铁矿流、气孔构造、杏仁状构造、流动构造、淬火构造、角砾构造、熔渣构造等(表 2；毛景文等，2012)，被认为是铁矿浆沿构造裂隙上升，喷溢出地表或在近地表处固结形成的富铁矿体，又被称为基鲁纳型铁矿。铁矿浆的形成得到一些实验模拟的证明(Philpotts，1967；苏良赫，1984)，在高温熔融状态下，经液态不混溶作用，铁矿浆可以由富铁硅酸盐岩浆熔离形成，该过程在有磷或者其他挥发分(如 F、B)参与下更容易发生，这与矿浆型铁矿多发育有大量磷灰石相吻合。Hou 等(2010；2011)认为安徽姑山铁矿浆的形成是由于玄武质岩浆在低氧逸度条件下，在深部发生单斜辉石和斜长石分离结晶作用后形成富铁的闪长质岩浆，在上升过程中遭遇富磷的地层而导致的液态不混溶的结果。Chen 等(2010a；2010b)对秘鲁南部的马尔科纳(Marcona)铁矿进行了系统的研究，认为马尔科纳铁矿与基鲁纳型铁矿具有类似的地质特征，可能是由富铁氧化物熔体与硅酸盐熔体发生混染作用而形成，结合对 Mina Justa 铜矿的研究，提出了岩浆－岩浆热液－外部流体综合作用的成矿模式。阿吾拉勒铁成矿带与南美安第斯铁成矿带在成矿背景与赋矿火山岩方面非常类似，同时带内的铁矿也具有一些类似矿浆成因的矿石结构特征，如富铁矿体与火山岩围岩呈截然接触而没有明显的蚀变，局部显示出贯入成矿的特征，磁铁矿具有板条状、树枝状结构等。但是，与上述矿浆型铁矿相比，仍缺少支持矿浆成因的野外地质特征、矿石结构特征以及成矿温度等方面的强有力证据。同时这些铁矿中少见磷灰石，与实验模拟的结果也不符。这表明阿吾拉勒成矿带的火山岩型铁矿与矿浆型铁矿仍然有一定区别。冯金星等(2010)总结了以往的生产和研究资料，认为阿吾拉勒成矿带内的查岗诺尔铁矿与智博铁矿属于以安山质岩浆为母岩浆的岩浆矿床(主要)和热液矿床(次要)的复合型矿床。董连慧等(2011)在分析西天山火山岩型铁矿研究成果的基础上，初步构建了“上叠裂谷火山岩型富铁矿的成矿模式”，认为在阿吾拉勒石炭纪—二叠纪上叠裂谷环境中，早期火山作用形成矿源层或喷溢形成贫铁矿或矿浆喷溢形成富铁矿，随后经历了热液交代富集成矿。李文渊等(2012)则认为该区海底矿浆喷溢的成矿模型尚不完善，富集铁成矿或富矿流体交代贯入含矿层位的可能性应该很大。蚀变矿物组合的研究(洪为等，2012a；2012b；蒋宗胜等，2012b)表明带内大量的磁铁矿床的形成需要富钠(钾)钙、富铁、贫硫、氧逸度高的流体。成矿流体的交代作用对成矿具有重要的贡献，热液交代在萃取围岩中分散铁质富集成矿的同时，对于成矿流体中铁质的沉淀也起到促进作用。

富铁流体(熔体)的形成、铁质及成矿流体的最初来源与演化、铁质富集成矿的机理是火山岩型铁矿研究的关键。限于目前的研究程度，对于这些问题的认识尚处于初级阶段。但是带内铁矿与石炭纪火山活动密切的时空关系是不可否认的。初步的研究认为：铁矿床的形成与火山-侵入活动有密切的成因联系，形成时间接近或稍晚于火山活动期，但这仍需要进一步的成矿年代学的验证；成矿作用早期阶段以富铁流体(熔体)充填-交代围岩形成块状、浸染状矿石为主，晚期热液交代富集成矿，局部形成脉状-网脉状磁铁矿，整个成矿过程伴随着大量的热液蚀变作用；成矿铁质来源可能以岛弧岩浆作用所携带的深部铁质为主，另外含有少量火山-次火山气液交代围岩所萃取的铁质；富铁流体(熔体)可能是由俯冲过程中形成的基性岩浆分异形成，其具体的形成机制以及所对应的基性岩浆起源和演化过程，是以后研究的重点之一。不同矿区的成矿地质条件不同，所形成的矿床也各具特点，在火山口附近形成与火山-次火山热液活动有关的火山岩浆-热液型铁矿(如查岗诺尔铁矿和智博铁矿)，在远离火山口位置则形成火山-沉积型铁矿(如式可布台和莫托萨拉铁矿)。晚石炭世区域内与西天山洋陆转换有关的火山-侵入活动，是形成该地区数个大型火山岩型铁矿的重要因素。

志　谢　野外工作期间得到新疆地矿局及其第三地质大队、第七地质大队和第十一地质大队以及伊犁钢铁有限责任公司的领导和职工给予的支持和帮

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

助,中国地质大学(北京)张招崇教授、中国地质科学院矿产资源研究所李厚民研究员、杨富全研究员在成文过程中提出了宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

参考文献/ **References**

车自成, 刘 良, 刘洪福, 罗金海. 1996. 论伊犁古裂谷[J]. 岩石学报, 12(3): 478-490.

陈文革, 张海军, 汪帮耀, 易习正, 艾瑞精. 2011. 巴音布鲁克铁矿床成矿特征及找矿标志研究[J]. 新疆地质, 29(2): 162-165.

陈毓川, 刘德权, 唐延龄, 王登红, 董连慧, 徐 新, 王晓地. 2008. 中国天山矿产及成矿体系[M]. 北京: 地质出版社. 246-287.

单 强, 曾乔松, 张 兵, 罗 勇, 周昌平, 于学元, 杨武斌. 2009a. 新疆尼勒克县松湖铁矿床成因研究[J]. 矿物学报, 29(增刊): 47-48.

单 强, 张 兵, 罗 勇, 周昌平, 于学元, 曾乔松, 杨武斌, 牛贺才. 2009b. 新疆尼勒克县松湖铁矿床黄铁矿的特征和微量元素地球化学[J]. 岩石学报, 25(6): 1456-1464.

董连慧, 冯 京, 庄道泽, 李凤鸣, 屈 迅, 刘德权, 唐延龄. 2011. 新疆富铁矿成矿特征及主攻类型成矿模式探讨[J]. 新疆地质, 29(4): 416-422.

冯金星, 石福品, 汪帮耀, 胡建明, 王江涛, 田敬全. 2010. 西天山阿吾拉勒成矿带火山岩型铁矿[M]. 北京: 地质出版社. 1-132.

高 俊, 肖序常, 汤耀庆, 赵 民, 王 军. 1995. 西南天山构造地层学初步研究[J]. 地层学杂志, 19(2): 122-128.

高 俊, 钱 青, 龙灵利, 张 喜, 李继磊, 苏 文. 2009. 西天山的增生造山过程[J]. 地质通报, 28(12): 1804-1816.

郭新成, 张建收, 余元军, 马中华, 张建奎, 宋海涛. 2009. 新疆和静县备战铁矿地质特征及找矿标志[J]. 新疆地质, 27(4): 341-345.

洪 为, 张作衡, 赵 军, 王志华, 李凤鸣, 石福品, 刘兴忠. 2012a. 新疆西天山查岗诺尔铁矿床矿物学特征及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 31(2): 191-211.

洪 为, 张作衡, 蒋宗胜, 李凤鸣, 刘兴忠. 2012b. 新疆西天山查岗诺尔铁矿床磁体矿和石榴子石微量元素特征对矿床成因的制约[J]. 岩石学报, 28(7): 2089-2102.

洪 为, 张作衡, 李华芹, 李凤鸣, 刘兴忠. 2012c. 新疆西天山查岗诺尔铁矿床成矿时代:来自石榴子石 Sm-Nd 等时线年龄的信息[J]. 矿床地质, 31(5): 1067-1074.

华明弟. 1985. 论莫托沙拉碧玉铁锰矿床的火山-沉积成因[J]. 新疆地质, 3(1): 12-21.

黄汲清, 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 秦德余. 1980. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社. 1-124.

贾 斌, 毋瑞身, 田昌烈, 沙德铭. 2003. 西天山伊耳曼得型金矿流体特征及成矿环境[J]. 地质与资源, 12(3): 146-153.

贾志业, 薛春纪, 屈文俊, 赵 强, 张 权. 2011. 新疆肯登高尔铜钼矿地质和 S、Pb、O、H 同位素组成及 Re-Os 测年[J]. 矿床地质, 30(1): 74-86.

姜常义, 吴文奎, 谢广成, 李伍平. 1993. 西天山北部石炭纪火山岩特征与沟弧盆体系[J]. 岩石矿物学杂志, 12(3): 224-231.

姜常义, 吴文奎, 张学仁, 崔尚森. 1995. 从岛弧向裂谷的变迁——来自阿吾拉勒地区火山岩的证据[J]. 岩石矿物学杂志, 14(4): 289-300.

蒋宗胜, 张作衡, 侯可军, 洪 为, 王志华, 李凤鸣, 田敬全. 2012a. 西天山查岗诺尔和智博铁矿区火山岩地球化学特征、锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. 岩石学报, 28(7): 2074-2088.

蒋宗胜, 张作衡, 王志华, 李凤鸣, 田敬全. 2012b. 新疆西天山智博铁矿蚀变矿物学、矿物化学特征及矿床成因探讨[J]. 矿床地质, 31(5): 1051-1066.

李凤鸣, 彭湘萍, 石福品, 周昌平, 陈建中. 2011. 西天山石炭纪火山-沉积盆地铁锰矿成矿规律浅析[J]. 新疆地质, 29(1): 55-60.

李华芹, 王登红, 万 阈, 屈文俊, 张 兵, 路远发, 梅玉萍, 邹邵利. 2006. 新疆莱利斯高尔铜钼矿床的同位素年代学研究[J]. 岩石学报, 22(10): 2437-2443.

李继磊, 钱 青, 高 俊, 苏 文, 张 喜, 刘 新, 江 拓. 2010. 西天山昭苏东南部阿登套地区大哈拉军山组火山岩及花岗岩侵入体的地球化学特征、时代和构造环境[J]. 岩石学报, 26(10): 2913-2924.

李泰德, 姚小平 2009. 新疆特克斯县阔拉萨依铁锌矿成矿特征分析[J]. 矿产与地质, 23(01): 48-51.

李文渊, 牛耀龄, 张照伟, 张铭杰, 高永宝, 胡沛青, 张江伟, 谭文娟, 姜寒冰. 2012. 新疆北部晚古生代大规模岩浆成矿的地球动力学背景和战略找矿远景[J]. 地学前缘, 19(4): 41-50.

李新光, 薛春纪, 王晓薇. 2012. 阿灭里根萨依铁矿地质特征[J]. 新疆地质, 30(3): 300-304.

李永军, 李注仓, 周继兵, 高占华, 高永利, 佟黎明, 刘 静. 2009. 西天山阿吾拉勒一带石炭系岩石地层单位厘定[J]. 岩石学报, 25(6): 1332-1340.

龙灵利, 高 俊, 钱 青, 熊贤明, 王京彬, 王玉往, 高立明. 2008. 西天山伊犁地区石炭纪火山岩地球化学特征及构造环境[J]. 岩石学报, 24(4): 699-710.

卢宗柳, 莫江平. 2006. 新疆阿吾拉勒富铁矿地质特征和矿床成因[J]. 地质与勘探, 42(5): 8-11.

罗 勇, 牛贺才, 单 强, 张 兵, 周昌平, 杨武斌, 于学元. 2009. 西天山玉希莫勒盖达坂玄武安山岩-高钾玄武安山岩-粗安岩组合的发现及其地质意义[J]. 岩石学报, 25(4): 934-943.

毛景文, 胡瑞忠, 陈毓川, 王义天等. 2006. 大规模成矿作用与大型矿集区[M]. 北京: 地质出版社, 1-920.

毛景文, 段 超, 刘佳林, 张 成. 2012. 陆相火山-侵入岩有关的铁多金属矿成矿作用及矿床模型--以长江中下游为例[J]. 岩石学报, 28(1): 1-14.

莫江平, 黄明扬, 覃龙芳, 卢汉提. 1997. 新疆预须开普台铁铜矿床成因探讨[J]. 地质与勘探, 33(4): 7-12.

宁芜研究项目编写小组. 1978. 宁芜玢岩铁矿[M]. 北京: 地质出版社. 1-196.

牛贺才, 罗 勇, 李宁波, 姜玉航, 杨武斌, 单 强, 于学元. 2012. 新疆阿吾拉勒地区查岗诺尔铁矿床铜矿化的成因探讨[J]. 南京大学学报(自然科学版), 48(3): 256-265.

钱 青, 高 俊, 熊贤明, 龙灵利, 黄德志. 2006. 西天山昭苏北部石炭纪火山岩的岩石地球化学特征、成因及形成环境[J]. 岩石学报, 22(5): 1307-1323.

钱锦和, 沈远仁等. 1990. 云南大红山古火山岩铁铜矿[M]. 北京: 地质出版社. 1-236.

沙德铭, 田昌烈, 董连慧. 2003. 西天山中北段铜、金矿床成矿规律初探[J]. 新疆地质, 21(2): 185-189.

沙德铭, 金成洙, 董连慧, 毋瑞身, 田昌烈, 贾 斌. 2005. 西天山阿希金矿成矿地球化学特征研究[J]. 地质与资源, 14(2): 118-125.

苏良赫. 1984. 液相不共溶在岩石学及矿床学中的重要性[J]. 地球科学, 1: 1-12.

孙林华, 彭头平, 王岳军. 2007. 新疆特克斯东南大哈拉军山组玄武安山岩地球化学特征:岩石成因和构造背景探讨[J]. 大地构造与成矿学, 31(3): 372-379.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

田培仕. 1990. 新疆预须开普台铁铜矿矿床特征及成因探讨[J]. 矿产与勘查, 5: 17-26.

汪帮耀, 胡秀军, 王江涛, 邵青红, 凌锦兰, 郭娜欣, 赵彦锋, 夏昭德, 姜常义. 2011a. 西天山查岗诺尔铁矿矿床地质特征及矿床成因研究[J]. 矿床地质, 30(3): 385-402.

汪帮耀, 姜常义. 2011b. 西天山查岗诺尔铁矿区石炭纪火山岩地球化学特征及岩石成因[J]. 地质科技情报, 30(6): 18-27.

王　核. 2001. 西天山北部地区铜、金等多金属成矿学研究及矿床定位预测(博士论文)[D]. 导师: 彭省临. 长沙: 中南大学. 96页.

王春龙, 王义天, 董连慧, 张　兵, 任　毅. 2012. 新疆西天山松湖铁矿床稀土和微量元素地球化学特征及其意义[J]. 矿床地质, 31(5): 1038-1050.

王军年, 白新兰, 李岩龙, 陈春明. 2009. 新疆尼勒克县松湖铁矿地质特征[J]. 资源环境与工程, 23(2): 104-107.

王庆明, 林卓斌, 黄　诚, 黄启峰, 郑　洁. 2001. 西天山查岗诺尔地区矿床成矿系列和找矿方向[J]. 新疆地质, 19(4): 263-267.

王永新. 1997. 新疆伊犁亚板块矿产初探[J]. 新疆有色金属, (2): 1-7.

王曰伦, 王凤桐. 1980. 式可布台铁矿床中的火山弹[J]. 中国地质科学院院报(天津地质矿产研究所分刊), 1: 43-51.

王志华, 张作衡, 蒋宗胜, 洪　为, 田敬全. 2012. 西天山智博铁矿床磁铁矿成分特征及其矿床成因意义[J]. 矿床地质, 31(5): 983-998.

吴明仁, 楼法生, 肖晓林, 吴新华, 凌联海, 程春华. 2006. 新疆尼勒克南部地区花岗斑岩锆石 U-Pb 年龄[J]. 资源调查与环境, 27(1): 1-6.

夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 李向民, 马中平, 王立社. 2004. 天山石炭纪大火成岩省与地幔柱[J]. 地质通报, 23(9-10): 903-910.

肖文交, 韩春明, 袁　超, 陈汉林, 孙　敏, 林寿发, 厉子龙, 毛启贵, 张继恩, 孙　枢, 李继亮. 2006. 新疆北部石炭纪-二叠纪独特的构造-成矿作用: 对古亚洲洋构造域南部大地构造演化的制约[J]. 岩石学报, 22(5): 1062-1076.

谢桂青, 毛景文, 李瑞玲, 蒋国豪, 赵财胜, 赵海杰, 侯可军, 潘怀军. 2008. 鄂东南地区大型矽卡岩型铁矿床金云母 ^{40}Ar-^{39}Ar 同位素年龄及其构造背景初探[J]. 岩石学报, (8): 1917-1927.

新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 1-841.

徐祖芳. 1984. 新疆查铁矿主体矿赋矿岩石的成因探讨[J]. 新疆地质, 2(2): 30-47.

薛春纪, 陈　波, 贾志业, 张　兵, 万　阈. 2011. 新疆西天山莱历斯高尔-3571 斑岩铜钼矿田地质地球化学和成矿年代[J]. 地学前缘, 18(1): 149-165.

杨金中, 赵玉灵, 王永江, 江晓玮. 2003. 新疆西天山大哈拉军山组的沉积环境及其与成矿的关系[J]. 地质与勘探, 39(2): 1-5.

杨军臣, 崔　彬, 李天福. 1998. 新疆博乐喇嘛苏铜矿床地质特征和成因研究[J]. 地质论评, 44(1): 23-30.

袁　涛. 2003. 新疆西天山莫托沙拉铁锰矿床与式可布台铁矿床地质特征对比[J]. 地质找矿论丛, 18(增刊): 88-92.

翟　伟, 杨荣勇, 漆树基. 1999. 新疆伊宁县伊尔曼德热泉型金矿床地质特征及成因[J]. 矿床地质, 18(1): 47-54.

翟　伟, 孙晓明, 高　俊, 贺小平, 梁金龙, 苗来成, 吴有良. 2006. 新疆阿希金矿床赋矿围岩-大哈拉军山组火山岩 SHRIMP 锆石年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 22(5): 1399-1404.

张　贺, 张作衡, 赵　军, 刘　敏, 朱维娜. 2012. 新疆阿吾拉勒山奴拉赛铜矿流体包裹体与稳定同位素研究[J]. 矿床地质, 31(5): 1087-1100.

张东阳, 张招崇, 艾　羽, 苏慧敏. 2009. 西天山莱历斯高尔一带铜(钼)矿成矿斑岩体矿物学特征及其成岩成矿意义[J]. 岩石矿物学杂志, 28(1): 3-16.

张东阳, 张招崇, 薛春纪, 艾　羽. 2010. 西天山喇嘛苏铜矿成矿斑岩的岩石学、地球化学特征及成因探讨[J]. 岩石学报, 26(3): 680-694.

张玉萍, 王　瑞, 王德贵. 2008. 新疆博乐科克赛花岗闪长斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及找矿意义[J]. 新疆地质, 26(4): 340-342.

张作衡, 毛景文, 王志良, 杜安道, 左国朝, 王龙生, 王见蒲, 屈文俊. 2006a. 新疆西天山达巴特铜矿床地质特征和成矿时代研究[J]. 地质论评, 52(2): 683-689.

张作衡, 王志良, 毛景文, 柴凤梅, 杨富全, 杨建民. 2006b. 西天山菁布拉克基性杂岩体的地球化学特征[J]. 地质学报, 80(7): 1005-1016.

张作衡, 毛景文, 王志良, 左国朝, 陈伟十, 朱和平, 王龙生, 吕林素. 2007a. 新疆西天山阿希金矿床流体包裹体地球化学特征[J]. 岩石学报, 23(10): 2403-2414.

张作衡, 王志良, 王彦斌, 左国朝, 王龙生, 吕林素. 2007b. 新疆西天山菁布拉克基性杂岩体闪长岩锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 26(4): 353-360.

张作衡, 王志良, 左国朝, 刘　敏, 王龙生, 王见蒲. 2008a. 西天山达巴特矿区火山岩的形成时代、构造背景及对斑岩型矿化的制约[J]. 地质学报, 82(11): 1494-1503.

张作衡, 王志良, 左国朝, 王龙生, 刘　敏, 甘甫平, 王见蒲, 张长青. 2008b. 新疆西天山地质构造演化及铜金多金属矿床成矿环境[M]. 北京: 地质出版社. 1-251.

张作衡, 王志良, 陈伟十, 左国朝, 刘　敏. 2009. 西天山达巴特斑岩型铜矿床流体地球化学特征和成矿作用[J]. 岩石学报, 25(6): 1310-1318.

赵　军, 张作衡, 刘　敏, 张　贺, 朱维娜. 2012a. 新疆西阿吾拉勒铜矿带碳、氧、硫、铅同位素研究: 成矿物质来源及成矿作用探讨[J]. 矿床地质, 31(5): 999-1013.

赵　军, 张作衡, 张　贺, 刘　敏, 朱维娜. 2012b. 新疆阿吾拉勒山西段穷布拉克铜矿床流体包裹体和碳氧硫同位素研究[J]. 中国地质, 39(5): 1345-1358.

赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 等. 1990. 中国矽卡岩矿床[M]. 北京: 地质出版社. 1-351.

朱明田, 武　广, 解洪晶, 万　阈, 钟　伟, 糜　梅, 刘　军. 2010. 新疆西天山莱历斯高尔斑岩型铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 26(12): 3667-3682.

朱明田, 武　广, 解洪晶, 刘　军, 张连昌. 2011. 新疆西天山科克赛岩体年代学、地球化学及地质意义[J]. 岩石学报, 27(10): 3041-3054.

朱永峰, 张立飞, 古丽冰, 郭　璇, 周　晶. 2005. 西天山石炭纪火山岩 SHRIMP 年代学及其微量元素地球化学究[J]. 科学通报, 50(18): 2004-2014.

朱永峰, 周　晶, 郭　璇. 2006a. 西天山石炭纪火山岩岩石学及 Sr-Nd 同位素地球化学研究[J]. 岩石学报, 22(5): 1341-1350.

朱永峰, 周　晶, 宋　彪, 张立飞, 郭　璇. 2006b. 新疆"大哈拉军山组"火山岩的形成时代问题及其解体方案[J]. 中国地质, 33(3): 487-497.

朱永峰, 何国琦, 安　芳. 2007. 中亚成矿域核心地区地质演化与成矿规律[J]. 地质通报, 26(9): 1167-1177.

朱永峰. 2009. 中亚成矿域地质矿产研究的若干重要问题[J]. 岩石学报, 25(6): 1297-1302.

朱志新, 李锦轶, 董连慧, 王克卓, 张晓帆, 徐仕琪. 2011. 新疆西天山古生代侵入岩的地质特征及构造意义[J]. 地学前缘, 18(2): 170-179.

左国朝, 张作衡, 王志良, 刘　敏, 王龙生. 2008. 新疆西天山地区构造单元划分、地层系统及其构造演化[J]. 地质论评, 54(6): 748-769.

Allen M B, Windley B F and Zhang C. 1992. Plalaeozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan, central Asia[J].

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Tectonophysics, 220: 89-115.

Bookstrom A A. 1977. The magnetite deposits of El Romeral, Chile [J]. Econ. Geol., 72 (6): 1101-1130.

Chen H, Clark A H, Kyser T K, Ullrich T D, Baxter R, Chen Y and Moody T C. 2010a. Evolution of the Giant Marcona-Mina Justa Iron Oxide-Copper-Gold District, South-Central Peru[J]. Econ. Geol., 105 (1): 155-185.

Chen H, Clark A H and Kyser T K. 2010b. The Marcona Magnetite Deposit, Ica, South-Central Peru: A Product of Hydrous, Iron Oxide-Rich Melts? [J]. Econ. Geol., 105 (8): 1441-1456.

Cliff R A, Rickard D and Blake K. 1990. Isotope systematics of the Kiruna magnetite ores, Sweden: Part I, Age of the ore[J]. Econ. Geol., 85 (8): 1770-1776.

Frietsch R and Perdahl J A. 1995. Rare earth elements in apatite and magnetite in Kiruna-type iron ores and some other iron ore types[J]. Ore Geology Reviews, 9 (6): 489-510.

Frietsch R. 1978. On the magmatic origin of iron ores of the Kiruna type [J]. Econ. Geol., 73 (4): 478-485.

Groves D I, Bierlein F P, Meinert L D and Hitzman M W. 2010. Iron oxide copper-gold (IOCG) deposits through earth history: Implications for origin, lithospheric setting, and distinction from other epigenetic iron oxide deposits[J]. Econ. Geol., 105(3): 641-654.

Henriquez F and Nystrom J O. 1998. Magnetite bombs at El Laco volcano, Chile[J]. GFF, 120: 269-272.

Henríquez F, Naslund H R, Nystr?m J O, Vivallo W, Aguirre R, Dobbs F M and Lledó H. 2003. New field evidence bearing on the origin of the El Laco magnetite deposit, northern Chile-a discussion [J]. Econ. Geol., 98(7): 1497-1500.

Hou T, Zhang Z, Du Y and Li S. 2009. Geology of the Gushan iron oxide deposit associated with dioritic porphyries, eastern Yangtze craton, SE China[J]. International Geology Review, 51 (6): 520-541.

Hou T, Zhang Z C, Encarnacion J, Du Y S, Zhao Z D and Liu J L. 2010. Geochemistry of Late Mesozoic dioritic porphyries associated with Kiruna-style and stratabound carbonate-hosted Zhonggu iron ores, Middle-Lower Yangtze Valley, Eastern China: Constraints on petrogenesis and iron sources[J]. Lithos, 119 (3-4): 330-344.

Hou T, Zhang Z C, Kusky T, Du Y S, Liu J L and Zhao Z D. 2011. A reappraisal of the high-Ti and low-Ti classification of basalts and petrogenetic linkage between basalts and mafic-ultramafic intrusions in the Emeishan Large Igneous Province, SW China[J]. Ore Geology Reviews, 41 (1): 133-143.

Nystrom J O and Henríquez F. 1994. Magmatic features of iron ores of the Kiruna type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry[J]. Econ. Geol., 89(4): 820-839.

Oyarzun R, Rodríguez M, Pincheira M, Doblas M and Helle S. 1999. The Candelaria (Cu-Fe-Au) and Punta del Cobre (Cu-Fe) deposits (Copiapó, Chile): A case for extension-related granitoid emplacement and mineralization processes[J]? Mineralium Deposita, 34 (8): 799-801.

Oyarzun R, Oyarzún J, Ménard J J and Lillo J. 2002. The Cretaceous iron belt of northern Chile: role of oceanic plates, a superplume event, and a major shear zone[J]. Mineralium Deposita, 38 (5): 640-646.

Park C F. 1961. A magnetite "flow" in northern Chile[J]. Econ. Geol., 56(2): 431-436.

Philpotts A R. 1967. Origin of certain iron-titanium oxide and apatite rocks[J]. Econ. Geol., 62(3): 303-315.

Sillitoe R H and Burrows D R. 2002. New field evidence bearing on the origin of the El Laco magnetite deposit, northern Chile[J]. Econ. Geol., 97(5): 1101-1109.

Wang B, Shu L S, Cluzel D, Faure M and Charvet J. 2007. Geochemical constraints on Carboniferous volcanic rocks of the Yili Block (Xinjiang, NW China): Implication for the tectonic evolution of Western Tianshan[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 29(1): 148-159.

Windley B F, Allen M B, Zhang C, Zhao Z Y and Wang G R. 1990. Paleozoic accretion and Cenozoic redeformation of the Chinese Tien Shan Range, central Asia[J]. Geology, 18(2): 128-131.

Xiao W J, Windley B F, Huang B C, Han C M, Yuan C, Chen H L, Sun M, Sun S and Li J L. 2009. End-Permian to mid-Triassic termination of the accretionary processes of the southern Altaids: implications for the geodynamic evolution, Phanerozoic continental growth, and metallogeny of Central Asia[J]. International Journal of Earth Sciences, 98(6): 1189-1217.

Yu J, Chen Y, Mao J, Pirajno F and Duan C. 2011. Review of geology, alteration and origin of iron oxide-apatite deposits in the Cretaceous Ningwu basin, Lower Yangtze River Valley, eastern China: Implications for ore genesis and geodynamic setting[J]. Ore Geology Reviews, 43 (1): 170-181.

Zhai W, Sun X M, Sun W D, Su L W, He X P and Wu Y L. 2009. Geology, geochemistry, and genesis of Axi: A Paleozoic low-sulfidation type epithermal gold deposit in Xinjiang, China[J]. Ore Geology Reviews, 36: 265-281.

Zhai Y S, Xiong Y L, Yao S and Lin X. 1996. Metallogeny of copper and iron deposits in the Eastern Yangtse Craton, east-central China [J]. Ore Geology Reviews, 11 (4): 229-248.

Zhang X, Tian J Q, Gao J, Klemd R, Dong L H, Fan J J, Jiang T, Hu C J and Qian Q. 2012. Geochronology and geochemistry of granitoid rocks from the Zhibo syngenetic volcanogenic iron ore deposit in the Western Tianshan Mountains (NW-China): Constraints on the age of mineralization and tectonic setting[J]. Gondwana Research, 22 (2): 585-596.

Zhang Z H, Wang Z L, Wang L S and Zuo G C. 2008. Metallogenic epoch and ore-forming environment of the Lamasu skarn-porphyritic Cu-Zn deposit, western Tianshan, Xinjiang, NW China[J]. Acta Geologica Sinica (English edition), 82(4): 731-740.

Zhang Z H, Mao J W, Wang Z L, Pirajno F and Wang Y B. 2010. Geochemical and SHRIMP U-Pb age constraints on the origin of the Qingbulake mafic-ultramafic complex in the West Tianshan Mountains, Xinjiang, northwest China[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 57(6): 819-837.

Zhang Z H, Hong W, Li F M, Wang Z H and Liu M. 2011. Geological characteristics of iron ore deposits in the western Tianshan Mountain, NW China[C]. 11th SGA Biennial Meeting Let's Talk Ore Deposits, 26-29th September 2011 Antofagasta, Chile. 782-784.

Zhang Z H, Hong W, Jiang Z S, Duan S G, Xu L G, Li F M, Guo X C and Zhao Z G. 2012. Geological characteristics and zircon U-Pb dating of volcanic rocksfrom the Beizhan iron deposit in western Tianshan Mountains, Xinjiang, NW China[J]. Acta Geologica Sinica (English edition), 86(3): 737-747.

Zhu Y F, Guo X, Song B, Zhang L F and Gu L B. 2009. Petrology, Sr-Nd-Hf isotopic geochemistry and zircon chronology of the Late Palaeozoic volcanic rocks in the southwestern Tianshan Mountains, Xinjiang, NW China[J]. Journal of the Geological Society, 166(6): 1085-1099.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net