

吉林省敦化市塔东铁矿床成因研究

武 晗

(首钢地质勘查院地质研究所,北京 100144)

摘要: 塔东铁矿床与典型的沉积变质矿床相比,其具有特殊性。赋矿地层及矿体中黄铁矿分布广泛且含量高;不同矿体矿石品位表现出明显的差异。黄铁矿的电子探针分析反映有弱的S亏损,说明有热液成因的特点;S亏损程度低代表与岩浆作用有关的热液作用。黄铁矿Re-Os同位素年代反映塔东铁矿热液成矿作用发生于 $401\text{ Ma}\pm 41\text{ Ma}$,其与矿区西部黑云斜长花岗岩年龄($407\text{ Ma}\pm 28\text{ Ma}$)极为相近;且塔东铁矿石品位 $w(\text{mFe})$ 值也因距离西部黑云斜长花岗岩的远近程度不同而表现出“东低西高、浅低深高”的特点。作者据此并结合前人研究成果将塔东铁矿床的成因总结为“海底火山喷发—区域变质—岩浆热液叠加富集成矿”。

关键词: 塔东铁矿;黄铁矿化;黑云斜长花岗岩;热液叠加;吉林省

中图分类号: P611,P618.31 **文献标识码:** A

0 引言

塔东铁矿床位于吉林省敦化市东北雁鸣湖镇朱敦店村北西方位7 km处,是“吉黑成矿省”内最大火山-沉积变质型铁矿床^[1]。塔东铁矿发现于1960年^[2],从1970年至2007年历经三次勘查。在此期间,有许多地质工作者对此矿床进行过矿床成因方面的研究。李庆武、张斌等^[3]认为塔东铁矿为“海底火山喷发沉积-变质铁矿类型”;李厚民等^[4]将塔东铁矿成因归属为“鞍山式沉积-变质铁矿”;寇林林、张森等^[5]佐证了塔东铁矿的“沉积变质成矿规律”。虽然不同学者对塔东铁矿成矿地质作用及过程有不同的观点,但均一致认为塔东铁矿为“沉积-变质型铁矿”^[6-8]。

2014—2015年首钢地质勘查院对塔东铁矿开展了生产勘探工作,发现塔东铁矿赋矿地层普遍发育岩浆热液成因的黄铁矿等金属硫化物矿物,且镜下矿物学研究发现后期磁铁矿交代先期黄铁矿物现象明显,据此说明塔东铁矿成因并非单一的沉积变质。

本文将以生产勘探工作中获取的野外第一手资

料(钻探、地质填图)为基础,并辅以化学基本分析及矿物学鉴定,力图在前人研究基础上进一步探讨塔东铁矿床成因问题。

1 矿床地质特征

1.1 赋矿地层

矿区内出露岩层为塔东含铁变质岩系,出露面积约20 km²,呈孤岛状分布于大片华力西期黑云斜长花岗岩中(图1)。该套岩层具有变质程度较深,成层无序,顶底不清,混合岩化作用强烈等特征。地层体多被明显改造,改造后地层走向近SN向,倾向E,倾角65°~85°。目前较为普遍的观点是将塔东含铁变质岩系命名为塔东岩群,其时代为新元古代^[6-8];其下部称为拉拉沟组(Pt₃l),上部称为朱墩店组(Pt₃zd),分组标志是朱墩店组底部为含红柱石、夕线石黑云斜长片麻岩层^[3]。

朱墩店组出露于塔东含矿变质岩系的东部(图2),岩性为黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩、透辉角闪片麻岩、斜长角闪岩、二云石英片岩,夹有透辉大理岩透镜体^[3]。

收稿日期: 2015-09-02; 改回日期: 2016-01-22; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 武晗(1987—),男,硕士,中国地质大学(北京)构造地质学专业毕业,主要从事应用构造地质学及典型矿床研究。通信地址:北京市石景山区晋元庄路23号,首钢地质勘查院地质研究所;邮政编码:100144;E-mail:wutianjiangming@163.com

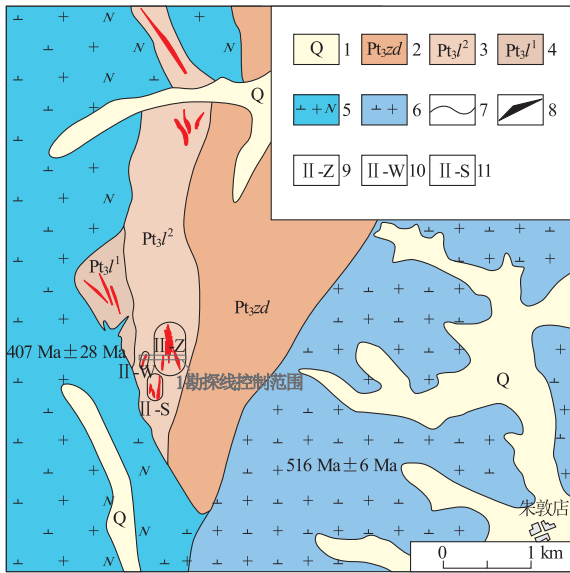


图 1 塔东铁矿地质构造图

Fig. 1 Geological structural map of Tadong Fe deposit

1. 第四系; 2. 朱墩店组; 3. 拉拉沟组上段; 4. 拉拉沟组下段;
5. 黑云斜长花岗岩; 6. 花岗闪长岩; 7. 地质界线; 8. 铁矿体;
9. 铁矿主采坑; 10. 西露天采坑; 11. 南露天采坑

拉拉沟组分布于矿区西部,是矿区的赋矿地层。拉拉沟组可进一步划分为上下两个岩性段,下段(Pt_3l^1)为浅粒岩、透辉斜长片麻岩、斜长角闪岩和薄铁矿层,上段(Pt_3l^2)为斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、磁铁斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、透辉岩、透辉斜长片麻岩及透镜状透辉大理岩组合。拉拉沟组上段是塔东铁矿主要赋矿岩段。

拉拉沟组上段由上而下又可分为五个岩性层^[9]:

Pt_3l^{2-5} 为斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、磁铁角闪岩、黑云斜长片麻岩、透辉岩、透辉斜长片麻岩。

Pt_3l^{2-4} 为磁铁斜长角闪岩、透辉斜长片麻岩、磁铁矿层夹石榴透辉大理岩及夕卡岩。

Pt_3l^{2-3} 为透辉岩、透辉斜长片麻岩夹黑云斜长片麻岩。

Pt_3l^{2-2} 为斜长角闪片麻岩、透辉斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩夹磁铁矿层。

Pt_3l^{2-1} 为透辉岩、黑云斜长片麻岩夹黑云变粒岩。

1.2 构造

区内构造为单斜地层构造,且顺层张性断裂、NW 向正断层、NE 向正断层发育(图 2)。断层均为成矿后构造,对矿体破坏作用显著。

(1)单斜及顺层张性断裂。单斜构造由元古界

构成,并经历了多次地质构造改造,它控制了塔东矿区变质岩系的形成与分布^[3]。单斜地层构造,走向近 SN,倾向 E,倾角 $65^\circ \sim 85^\circ$,局部地层产状受到混合花岗岩的侵位挤压而出现突变。单斜地层内多发育顺层张性平移断层,如图 2 中的 F_1 ,断层断距小于 0.35 m,断层内多填充细粒闪长岩脉(图 3a 左图)。

(2)NE 向断层。主要见于矿区中部及东部,分别为 F_2 、 F_3 、 F_4 ,走向 $30^\circ \sim 40^\circ$,倾向 SE,倾角 $75^\circ \sim 85^\circ$,被闪长玢岩脉充填^[3](见图 2),沿断裂附近岩石绿泥石化及绢云母化蚀变强烈,局部构造应力集中部位岩石的片理化及眼球状糜棱构造(图 3b)发育。

(3)NW 向断层。主要见于矿区中部及北部,分别为 F_5 、 F_6 ,属平行分布的正断层(见图 2),是矿区内最晚期构造。 F_5 走向 $325^\circ \sim 330^\circ$,断层面为舒缓波状,整体倾向 NE,倾角 $65^\circ \sim 75^\circ$,断裂带内充填煌斑岩脉;煌斑岩宽度约为 3~22 m,岩脉产状与断层一致,由于受舒缓波状断层控制,岩脉在剖面上倾向时而为 SW 向,但总体倾向 NE。 F_6 走向 NW,倾向

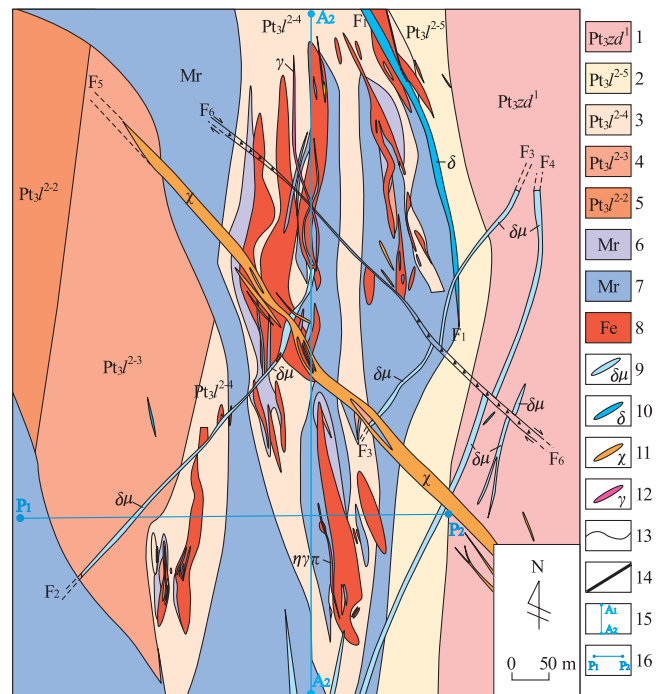


图 2 塔东铁矿区地质图

Fig. 2 Geological map of Tadong Fe deposit

1. 朱墩店组; 2. 拉拉沟组上段第五岩性层; 3. 拉拉沟组上段第四岩性层; 4. 拉拉沟组上段第三岩性层; 5. 拉拉沟组上段第二岩性层; 6. 条带状混合岩; 7. 混合花岗岩; 8. 铁矿体; 9. 闪长玢岩脉; 10. 闪长岩脉;
11. 煌斑岩脉; 12. 二长花岗斑岩脉; 13. 地质界限; 14. 实测断层;
15. 东西矿集区分界线; 16. 勘探线及编号

Ⅱ 矿组铁矿体主要赋存于塔东群拉拉沟组上部岩性段的第一、第四岩性层内。Ⅱ-Z 为主采坑矿体,Ⅱ-W 为西露天矿体,Ⅱ-S 为南露天矿体。其中,Ⅱ-Z 矿体根据其空间层位分布关系及品位差异,又分为下部的Ⅱ-Z-1 矿体及上部的Ⅱ-Z-2 矿体(见图 4)。

塔东铁矿床铁矿体形态呈典型的层状、似层状、透镜状单斜产出,产状与赋矿围岩产状一致,走向近 SN,倾向 E,倾角 $60^{\circ}\sim 85^{\circ}$,具有火山-沉积变质型铁矿床的特征。Ⅱ-Z 东部矿体由于局部受到大体积花岗岩侵位挤压,矿体产状出现变化,走向 NNW,倾向 NEE,倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。矿体夹石及围岩主要为混合花岗岩、斜长角闪岩,其次为闪长岩、闪长玢岩、煌斑岩、花岗闪长岩,以及少量斜长片麻岩、含磁铁斜长角闪岩等;铁矿体与含磁铁斜长角闪岩的接触关系为渐变,与其他岩石为突变。

2 矿床成因

2.1 矿床特征对比

沉积变质型铁矿系指前寒武纪含铁建造经受不同程度的区域变质作用而形成的铁矿床,赋矿地层变质程度为角闪岩相到麻粒岩相。沉积变质型铁矿是我国变质铁矿的主要类型,其矿床规模大,一般呈多个矿层或矿体交互产出,单个矿层或矿体呈似层状或透镜状,矿石构造以条带状构造最为典型,矿石结构通常为粒状变晶结构,矿石品位较低($w(\text{TFe})$

$=20\%\sim 40\%$)属贫铁矿石,矿化均匀,矿产种类单一,一般只有铁可以利用,矿化阶段一般分为沉积阶段及变质变形阶段^[10]。

塔东铁矿赋矿地层为新元古界含铁变质岩系^[6-8],赋矿岩层为一套经历了角闪岩相变质的斜长角闪岩层及含磁铁斜长角闪岩层;塔东铁矿矿体为层状、似层状或透镜状(见图 4),矿石结构为粒状变晶结构,矿石构造为条带状构造(图 3c、d),矿石品位为 $w(\text{TFe})=10.31\%\sim 35.59\%$ 。据此认为,塔东铁矿床特征符合一般的沉积变质铁矿矿床特征,且前人对于塔东铁矿成因进行了大量研究工作^[3-4,9,11],虽然不同学者对塔东铁矿成矿地质作用及过程有不同的观点,但均一致认为塔东铁矿为“火山沉积-变质型铁矿”,成矿分为三个阶段:①海底火山喷发沉积阶段;②区域变质阶段;③混合岩化阶段。

塔东铁矿床与典型沉积变质型铁矿床——河北省迁安铁矿区进行对比,塔东铁矿床具有其特殊的特征:其一,赋矿地层及矿层中黄铁矿分布广泛且含量高,矿体中矿石矿物除磁铁矿外亦有黄铁矿及少量黄铜矿和磁黄铁矿。塔东铁矿床矿石物相分析结果中的硫化铁占比高达 15%(表 1),而迁安典型沉积变质铁矿矿石中的硫化铁物含量仅为 0.23%~1.33%(表 2)^①。其二,矿床整体矿化程度不均一,不同矿层矿石品位表现出明显的差异。如表 3 所述,Ⅱ-W 矿体矿石全铁品位为 30.77%~35.59%,Ⅱ-Z-1 矿体矿石全铁品位为 20.11%~25.65%,Ⅱ-Z-2 矿体矿石全铁品位为 10.31%~19.83%。

表 1 塔东铁矿床矿石物相分析结果

Table 1 Phase analysis of ore from Tadong Fe deposit

样号	工程编号	勘探线号	标高/m	不同物相质量分数				
				$w(\text{mFe})/\%$	$w(\text{oFe})/\%$	$w(\text{SiFe})/\%$	$w(\text{cFe})/\%$	$w(\text{sfFe})/\%$
WX7	SM	3	670	15.05	1.60	0.78	0.39	3.38
WX8	ZK102	1	550	19.83	3.68	1.56/5	0.81	3.52
WX9	ZK101	1	250	16.95	2.51	3.69	0.42	2.80
WX10	ZK702	7	600	8.21	3.99	5.03	0.50	5.08
平均				15.01	3.39	2.77	0.63	3.25

注:此表引自 2007 年《吉林省敦化市塔东铁矿勘探报告》

表 2 迁安铁矿床柳河峪铁矿矿石物相分析结果

Table 2 Phase analysis of ore from Liuheyu Fe deposit in Quan'an area

样号	工程号	勘探线号	$w(\text{mFe})/\%$	$w(\text{oFe})/\%$	$w(\text{SiFe})/\%$	$w(\text{cFe})/\%$	$w(\text{sfFe})/\%$
WX 1	ZKN1301	N1300	13.11	1.13	6.58	0.69	0.29
WX 2	CK7808	N1300	24.34	1.76	3.51	0.8	0.3P
WX 3	CK7802	N1300	16.4	2.74	2.71	1.62	0.24
WX 4	ZK51	N1700	16.58	4.42	1.38	1.78	0.19
WX 5	ZKN1701	N1700	22.4	2.41	0.095	1.65	0.062

表 3 塔东铁矿床勘探 1 线钻孔控制 II-W、II-Z-1 及 II-Z-2 矿体品位

Table 3 Grade of the drill hole-controlled ore body II-W、II-Z-1 and II-Z-2 at line 1 in Tadong Fe deposit

矿体	钻孔号	矿体出露标高/m	钻孔取样样号	平均品位 $w(\text{TFe})/\%$	平均品位 $w(\text{mFe})/\%$	其它
II-W	Zk1-1	539.24~577.18	22-3	35.59	24.91	本次勘探钻孔
	Zk1-2	495.99~533.62	84-21	30.77	21.54	
	Zk1-3	301.5~344.76	12-28	33.11	23.18	
	Zk7	609.97~642.31	304-311	35.19	24.63	
	Zk41	438.9~453	135-141	32.5	22.75	
II-Z-1	Zk102	550.57~605.3	1-48	28.01	16.8	前期勘探钻孔
	Zk23	428.71~483.49	1312-1331	24.28	14.56	
	Zk101	105.9~300	144-230 274-302	22.02	13.21	本次勘探钻孔
	Zk45	-67~78.81	97-146	20.11	12.07	
	Zk1-7	52.27~220.93	74-140	25.65	15.39	
II-Z-2	Zk23	551.98~592.42	1284-1301	19.38	11.628	前期勘探钻孔
	Zk8	400~663.6	487-600	19.83	11.89	
	Zk101	316.78~633.31	29-143 231-273	14.616	8.77	
	Zk18	400~408.5	1259-1263	12.67	7.60	本次勘探钻孔
	Zk1-7	255~440.89	10-72	21.55	8.19	
	Zk45	101~267.91	61-96 184-196	10.31	6.186	前期勘探钻孔

注:本次勘探钻孔中矿体平均品位 $w(\text{mFe})$ 为实测值,前期勘探钻孔中矿体平均品位 $w(\text{mFe})$ 为矿体平均 $w(\text{TFe}) \times 60\%$ (前期勘探中矿体化验分析仅有 $w(\text{TFe})$); 平均品位的计算方法: 样长加权平均值计算方法。

以上表明,塔东铁矿床虽然属于沉积变质性铁矿床类型,但是其在成矿条件及成矿原因方面的具有特殊性。

2.2 矿床成因分析

2.2.1 热液叠加证据

塔东铁矿床赋矿地层中黄铁矿化普遍发育,黄铁矿和磁铁矿密切伴生,呈似条带状、细脉浸染状、致密块状产出。矿石构造除典型的条带(见图 3c)、条纹状(见图 3d)外,还见有浸染状构造(图 3e);在矿区西部见矿石中矿石条带构造模糊不清,代之为块状构造。条带状构造主要表现为磁铁矿沿一定方向与脉石矿物相间排列,以及黄铁等沿(磁铁矿)斜长角闪岩的条带状构造面、角闪斜长片麻岩的片麻状构造面及层间裂隙面分布。浸染状构造主要由磁铁矿、黄铁矿、少量黄铜矿和磁黄铁矿呈细小粒状零散状分布在地层中。此外,局部地层中及 NW 向断层破碎带内多见黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿及方铅矿共生的金属硫化物细脉,同时矿床西部矿体中常见磁铁矿以细小脉体(脉宽小于 0.5 cm)侵入到围岩及夹石裂隙中(图 3f)。岩层裂隙面及透入性较强的构造面因受热液改造,角闪石及辉石强烈绿泥石化、绿帘石化,碳酸岩化、硅化较发育,裂隙处多见有碳酸质岩脉、硅质脉体的充填作用。上述现象均显示塔东铁矿区内热液活动强烈^[5]。

黄铁矿镜下多呈半自形-他形粒状或集合体,粒

度变化较大,单晶粒度多在 0.15 mm 左右,集合体粒级一般为 0.3~0.1 mm,主要与磁铁矿接触连生;在黄铁矿晶体中包裹有细粒状磁铁矿晶体,此外黄铁矿被磁铁矿溶蚀交代的现象也较普遍^[8]。根据矿化蚀变期次及矿物共生组合黄铁矿可分为三个世代:第一世代黄铁矿呈层纹状构造,颗粒细,产状受变余层状构造控制,此世代黄铁矿的成因可能更多地受原始火山喷流沉积的影响;第二世代黄铁矿主要呈浸染状产出,由磁铁矿、黄铁矿、少量黄铜矿、磁黄铁矿等呈细小粒状或集合体分布在脉石矿物中,镜下见磁黄铁矿交代溶蚀黄铁矿晶体,磁铁矿溶蚀交代黄铁矿晶体,黄铁矿晶体呈港湾状孤岛状等现象(图 3g),反映递进变质作用的特点^[12],此世代黄铁矿分布广泛,与磁铁矿共同构成塔东铁矿主成矿期的产物,其成因表明为热液成因^[8]。此现象说明塔东铁矿床赋矿地层形成之后又有热液叠加成矿的特征。

根据邵建波等^[9]对黄铁矿的电子探针微区分析发现塔东铁矿黄铁矿具有弱的硫亏损特征,其原因为黄铁矿形成温度较高,热液型黄铁矿类质同象替代和成矿元素的混入程度高;而沉积成因的黄铁矿形成温度低,类质同象替代和成矿元素的混入程度相对较低,多以硫富集型黄铁矿为主。因此,塔东铁矿床黄铁矿主量元素特征反应了热液成因的特点,同时塔东铁矿 S 亏损程度低,可能代表与岩浆作用有关的热液型矿床^[8,13]。

表 4 塔东拉拉沟组铁矿含铁变质岩系 mFe 品位统计表

Table 4 Statistics of mFe grade of the ore-bearing rock sequence of Lalagou formation in Tadong area

地质体	变质作用	矿石品位统计	
		位置、钻孔工程及样号	$w(\text{mFe})/\%$
塔东群拉拉沟组上段	角闪岩相变质	矿区东部,Zk7-4,33~39	2.12~3.08
		矿区东部,Zk150-6,2~8	1.98~3.76
		矿区西部,Zk750-1,35~36	1.71~2.23
		矿区西部,Zk050-3,43~46	1.11~2.08

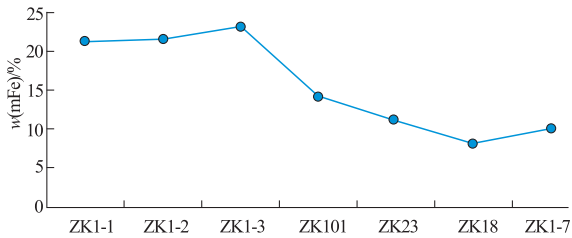


图 5 塔东铁矿由西至东(P_1-P_2)
矿石品位空间变化趋势

Fig. 5 Spatial variation tendency from west to east
(P_1-P_2) in Tadong Fe deposit

2.2.2 岩体热液叠加成矿证据

塔东铁矿床区内岩浆活动频繁,包括矿区西部的华力西期黑云斜长花岗岩和矿区东部的花岗闪长岩,两岩体侵入年龄分别为 $407 \text{ Ma} \pm 28 \text{ Ma}$ 及 $516 \text{ Ma} \pm 6 \text{ Ma}$ ^[9]。前已述及,塔东铁矿床中的黄铁矿 S 亏损程度低,可能代表与岩浆作用有关的热液型矿床。

(1) 铁矿石品位方面证据

为了进一步理清导致塔东铁矿热液叠加成矿的岩浆事件,将塔东铁矿主矿区用坐标点 A_1 ($4862330, 465000$) 与坐标点 A_2 ($4863200, 465000$) 的连线划分为东西 2 个矿集区(见图 2),并选择横穿整个矿区的 1 勘探线(见图 2 中 P_1-P_2)的 Zk7、Zk1-1、Zk1-2、Zk41、Zk1-3、Zk10、Zk102、Zk23、Zk8、Zk101、Zk18、Zk1-7、Zk45 钻孔矿石品位进行统计分析,其结果显示塔东铁床矿床西部矿体品位明显高于东部矿体品位(表 4、图 5)。

塔东铁矿西部矿体品位明显高于东部矿体品位,究其原因分析如下:①塔东铁矿床为火山沉积变质型铁矿床,矿源层即铁矿体围岩—塔东群拉拉沟组上段(表 4),变质程度均匀,为一套角闪岩相均质含铁变质岩系,矿源层的形成经历了“基性火山喷发—火山碎屑岩—钙质页岩沉积”反复的建造过程,因此矿源层原始沉积物质差异影响较小;②混合岩化作用在矿区内广泛分布,且混合程度均为“混合岩—混合花岗岩”相,混合岩化成矿作用导致品位分

区差异可能性也较小,但花岗岩热液叠加导致矿山石位分区可能性较大;③通过地质填图工作发现,黑云斜长花岗岩岩体与矿区西部拉拉沟组地层呈侵入接触关系,地层中广泛发育流体作用形成的长英质岩脉,岩矿层中大量发育黄铁矿,且岩石裂隙中发育磁铁矿细脉(见图 3f),深部靠近此岩体的矿体品位明显高于浅部远离此岩体的矿体品位(见图 5)。因此,推测塔东铁矿床热液叠加成矿与矿区西部的黑云母斜长花岗岩体关系紧密。由于西部矿区比矿区东部更加靠近黑云斜长花岗岩,故矿区西部更利于热液叠加成矿。

从图 4 不难看出,1 勘探线剖面中黑云母斜长花岗岩与塔东群拉拉沟组上段岩层呈侵入接触关系;由西往东依次为塔东群拉拉沟组上段第一岩性层($Pt_3 l^{2-1}$)、第二岩性层($Pt_3 l^{2-2}$)、第三岩性层($Pt_3 l^{2-3}$)、第四岩性层($Pt_3 l^{2-4}$)、第五岩性层($Pt_3 l^{2-5}$)及塔东群朱墩店组($Pt_3 zd$)。塔东群拉拉沟组上段第二、三、五岩性层混合岩化作用强烈,岩性以条带状混合岩及均质混合花岗岩为主,局部残余原始地层。塔东矿区铁矿体主要赋存于 $Pt_3 l^{2-1}$ 及 $Pt_3 l^{2-4}$ 两个岩性层,分别为西部矿体 II-W 及主矿体 II-Z。其中,II-Z 根据空间分布关系及品位差异又分为下部的 II-Z-1 矿体及上部的 II-Z-2 矿体。距离黑云母斜长花岗岩岩体距离由近及远的矿体分别为 II-W、II-Z-1、II-Z-2,受岩体影响依次减弱;由表 3 可得 II-W、II-Z-1、II-Z-2 矿体平均品位分别为 23.4%、14.41%、9.04%,塔东铁矿西部靠近岩体的铁矿体矿石品位明显高于东部远离岩体的铁矿体矿石品位,且单个钻孔工程深部靠近黑云斜长花岗岩体的铁矿体品质优于浅部远离岩体铁矿体品质,塔东矿区工业矿体($w(\text{mFe}) \geq 20\%$ ^[13])为靠近西部黑云母斜长花岗岩体的 II-W 矿体。由此可认为,塔东铁矿床西部的黑云母斜长花岗岩体与塔东铁矿床矿体的形成从空间上具有密不可分的关系;塔东铁矿床进一步寻找较高品位铁矿体的方向是其深部与黑云斜

长花岗岩体接触部位的 $Pt_3 l^{2-1}$ 岩性层位。

(2) 成矿时代方面证据

邵建波等^[9]对塔东铁矿床中黄铁矿 Re-Os 同位素定年年代学研究表明,塔东铁矿床热液成矿作用时代为 $401 \text{ Ma} \pm 41 \text{ Ma}$,与矿区西部黑云母斜长花岗岩年龄 $407 \text{ Ma} \pm 28 \text{ Ma}$ 极为相近,时代均为华力西期的晚志留世—早泥盆世;与矿区东部的花岗闪长岩体侵位年龄为 $516 \text{ Ma} \pm 6 \text{ Ma}$ 相比,二者相差甚远。因此,从地质年代上黑云母斜长花岗岩侵位与塔东铁矿岩浆热液叠加成矿事件具有密不可分的关系,即塔东铁矿床热液叠加成矿年代为 $401 \text{ Ma} \pm 41 \text{ Ma}$ 。

2.3 矿床成因

太古代前期海底基性火山喷发及陆源铁质及钙质碎屑沉积作用形成了一套“基性火山喷发—火山碎屑岩—钙质页岩沉积建造”,为塔东铁矿的形成准备了“铁”源物质^[3,9];晚元古代时期由于区域性变质作用导致上述沉积建造发生了绿片岩相—角闪岩相变质作用,同时区域变质作用导致地层中物质成分发生运移分异,初步形成了塔东铁矿含矿地层——含磁铁斜长角闪岩层;区域变质后期随变质作用的增强,地层普遍发生混合岩化,在强烈的混合岩化作用下,长英质矿物先期出融,其原产区地层的磁铁矿相对发生富集,同时在混合岩化作用高温高压下,使磁铁矿进一步发生重结晶作用产生大颗粒并进一步集中富集^[3],初步形成了受混合岩化作用控制的铁矿体(品位升高,但未达到工业开采品位);随后矿区西部华力西期($407 \text{ Ma} \pm 28 \text{ Ma}$)黑云母斜长花岗岩侵位,岩浆演化末期丰沛的高温热液流体在压力驱动的机制下,沿地层层理、裂隙及条带—条纹状构造面向浅部运移,此过程中热液流体萃取前期通过区域变质作用而成的含矿地层中的铁元素,并在物理化学条件突变的临界带沉淀富集成矿,这一热液叠加成矿作用使得塔东铁矿西部矿体品位进一步提升,达到工业可采程度。并由此形成了塔东铁矿床异于典型沉积变质型铁矿床的特征:①矿石中黄铁矿含量高,硫化铁(sfFe)含量明显高于其它同类型矿床;②矿化不均匀,不同铁矿层矿石品位差异大,出现明显的“西高东低,深高浅低”的分布差异。

综上所述,塔东铁矿床为火山沉积变质型矿床,但其遭受了后期岩浆热液作用叠加富集改造而成矿,因此其矿床成因类型应为“火山沉积变质—岩浆热液叠加型矿床”,其在成矿理论方面可类比塔什库

尔干地区赞坎铁矿成矿模式^[14]。

3 结论

(1)塔东铁矿床成因为火山喷发物质沉积—区域变质—岩浆热液叠加富集成矿,形成了塔东铁矿的工业铁矿体。

(2)塔东铁矿床具典型沉积变质型铁矿床的一般特征,同时岩浆热液叠加成矿作用导致矿石矿物包含磁铁矿及黄铁矿两种,矿石物相分析中硫化铁(sfFe)含量高;不同矿层矿石品位差异大,矿化不均匀;空间上呈现“西高东低,深高浅低”分布规律。

(3)塔东铁矿床热液叠加成矿受矿区西部黑云斜长花岗岩体控制,热液叠加成矿年时代为华力西期的晚志留世—早泥盆世($401 \text{ Ma} \pm 41 \text{ Ma}$)。

(4)塔东群拉拉沟组上段第一岩性层($Pt_3 l^{2-1}$)为塔东铁矿工业铁矿体赋存层位,黑云母斜长花岗岩体与其呈侵入接触关系;建议塔东铁矿将黑云斜长花岗岩体作为进一步勘探工作的目标地质体,并建议针对矿区西部黑云母斜长花岗岩体与塔东群拉拉沟组地层接触的部位进行详细的物探磁异常查证工作,以寻找深部盲矿体。

注释:

- ① 杨文九,张平,彭新寿,等.柳河峪铁矿区深部普查报告(内部资料),2015:39.

参考文献:

- [1] 徐志刚,陈毓川,王登红,等.2008.中国成矿区带划分方案[M].北京:地质出版社,2008:1-138.
- [2] 《中国矿床发现史·吉林卷》编委会.中国矿床发现史·吉林卷[M].北京:地质出版社,1996:41-43.
- [3] 李庆武,张斌,张红红,等.塔东铁矿成矿规律新认识[J].吉林地质,2010,29(4):59-61.
- [4] 李厚民.沉积变质型铁矿分类[J].矿床地质,2012,31(增刊):119-119.
- [5] 孙丰月,李碧乐.热液矿床类型及特征(矿床学教程)[M].北京:地质出版社,2006:76-131.
- [6] 王友勤.中国东北区前寒武纪地层[J].吉林地质,1996,15(3-4):1-14.
- [7] 王友勤,苏养正,刘尔义.东北区区域地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [8] 周晓东,朱殿义,孙永杰.吉林省前寒武纪地层[J].吉林地质,2006,25(3):1-10.

- [9] 邵建波, 张希友, 王洪涛, 等. 吉林省塔东大型铁矿地球化学特征及黄铁矿 Re-Os 同位素定年[J]. 地质学报, 2014, 88(1): 83-98.
- [10] 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 等. 勘查区找矿预测理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2014: 409-415.
- [11] 郭维民, 陆建军, 章荣清, 等. 安徽铜陵冬瓜山铜矿床的叠加改造成矿机制: 来自矿石结构的证据[J]. 地质学报, 2011, 85(7): 1223-1232.
- [12] 寇林林, 张森, 吕俊超, 等. 吉林塔东铁矿赋矿建造地球化学特征及其地质构造意义[J]. 地质与资源, 2013, 22(4): 289-295.
- [13] 刘玉强, 张延庆. 固体矿产地质勘查资源储量报告编制文件及规范解读[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 135.
- [14] 钱兵, 高永宝, 李佩, 等. 塔什库尔干地区赞坎铁矿矿物学特征及成因[J]. 地质与勘探, 2014, 50(4): 630-640.

Genesis of Tadong Fe deposit in Dunhua city, Jilin province

WU Han

(Geological Research Institution of Geological exploration Institute
of The Capital iron and steel Company, Beijing 100144, China)

Abstract: Compared to the typical sedimentary metamorphic iron deposit Tadong Fe deposit is special in respect of wide spread pyrite and high percent of the mineral in both the host strata and ore bodies, evident grade variation of each ore body and weak S depletion reflected by the electronic probe analysis. S depletion is characteristic of hydrothermal activity. Weak S depletion is related to magmatic hydrothermal activity. The Re-Os dating of pyrite from the deposit shows that hydrothermal activity took place at $401 \text{ Ma} \pm 41 \text{ Ma}$, very close to the age ($407 \text{ Ma} \pm 28 \text{ Ma}$) of biotite-plagioclase granite in the west of the deposit. $w(\text{mFe})$ value of grade of the iron ore is varied with distance variation to the biotite-plagioclase granite, generally lower in east part and higher in the west part of the deposit and lower at shallower part and higher to deeper part of the deposit. Based on the grade distribution and previous researches the author sums up the ore-forming process: sea floor volcanic eruption-regional metamorphism-magmatic hydrothermal overprinting enrichment to ore for the deposit.

Key Words: Tadong Fe deposit; pyritized; biotite plagioclase granite; hydrogenesis superposition; Jilin province