

## 成果与方法

## 莒县天宝钛铁矿地质特征及矿床成因探讨

张连峰, 张增奇, 刘鹏瑞

(山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**莒县棋山天宝钛铁矿是山东省发现并评价的第一个大型钛铁矿矿山, 矿区位于沂沭断裂带汞丹山凸起的东部。矿体为褐黑色含钛磁铁角闪石岩, 围岩为古元古代吕梁期傲徕山超单元条花峪单元弱片麻状中粗粒二长花岗岩。矿区已发现钛铁矿矿体 2 个, 均呈 NE 向脉状产生。I 号矿体长 1 600 m, 地表平均宽 180 m, 控制延深 204 m; II 号矿体长 880 m, 地表宽 150~200 m, 延深 100 m 以上。2 矿体平均品位分别为  $\text{TiO}_2$  8.77%, 8.33%; TFe 18.47%, 17.07%。两矿体合计矿石资源量为 (331)+(332)+(333)10 461.6 万 t,  $\text{TiO}_2$  资源量 905.2 万 t。矿体规模大, 易开采, 钛、铁及其他有益元素可以综合利用。

**关键词:**钛铁矿; 矿床地质特征; 角闪石岩; 山东莒县; 天宝

**中图分类号:** P618.31; P618.47 **文献标识码:** A

钛作为重要的工业和化工原料, 具有重量轻、强度高、抗腐蚀、耐高温、耐超低温、白度高等特点, 在宇航、舰船、化工、电力、海水淡化、轻工、食品等行业有着广泛的用途<sup>[1]</sup>。钛铁矿是生产钛的原料之一, 在山东省资源匮乏, 莒县天宝钛铁矿是山东省首次发现并勘查评价的钛铁矿矿床<sup>①</sup>。

## 1 矿区地质概况

莒县天宝钛铁矿位于莒县县城北约 45 km 的棋山镇天宝村东北部, 大地构造位置处于沂沭断裂带汞丹山凸起中偏东部, 是山东省首座通过资源量评审认定的钛铁矿矿山。矿区面积约 8 km<sup>2</sup>, 已发现钛铁矿矿体 2 个。矿区内出露的岩浆岩主要为古元古代吕梁期傲徕山超单元条花峪单元弱片麻状中粗粒二长花岗岩。地层主要分布在矿区东部, 由西往东依次分布有南华纪土门群佟家庄组、浮徕山组、震旦纪土门群石旺庄组, 寒武纪长清群朱砂洞组和第四系(图 1)。

## 2 矿床地质特征

矿区内已发现矿体 2 个, 2 矿体呈脉状, 走向均

为 45°, 2 矿体在同一构造线上, 相距约 1 400 m(图 1)。

I 号矿体地表出露长为 1 600 m, 平均宽 180 m (最大宽度 260 m), 地表水平投影面积为 286 644.78 m<sup>2</sup>, 总体走向 45°, 倾向 SE, 倾角 46°~80°。上盘产状较陡, 下盘产状较缓。矿体延深在 200 m 以上。矿体平均品位为  $\text{TiO}_2$  8.77%, TFe 18.47%。经详查探求 (331)+(332)+(333) 类矿石资源量为 7 768.15 万 t, 其中  $\text{TiO}_2$  (氧化物量) 681.76 万 t。

II 号矿体位于 I 号矿体的东北部, 地表出露长 880 m, 一般宽 150~200 m, 最大宽度 238 m, 地表水平投影面积为 126 673.58 m<sup>2</sup>, 总体走向 45°, 倾向 SE, 倾角 42°~73°不等。矿体上盘产状较陡, 倾角在 70°左右; 下盘产状较缓, 在 42°~50°左右。总体看矿体形态比较简单, 产状变化不大, 矿物分布均匀, 矿石质量稳定。矿体平均品位为  $\text{TiO}_2$  8.33%, TFe 17.07%。经普查探求倾角 (332)+(333) 类矿石资源量 2 693.45 万 t, 其中  $\text{TiO}_2$  (氧化物量) 223.45 万 t。

## 3 矿石特征

钛铁矿矿体也是一个超基性岩体, 其岩石名称

收稿日期: 2005-04-08; 修订日期: 2005-10-18; 编辑: 孟舞平

作者简介: 张连峰(1957-), 男, 山东阳谷人, 研究员, 主要从事区域地质调查与地质矿产勘查工作。

①张连峰等, 山东省莒县肖家沟矿区钛铁矿详查报告, 2005 年。

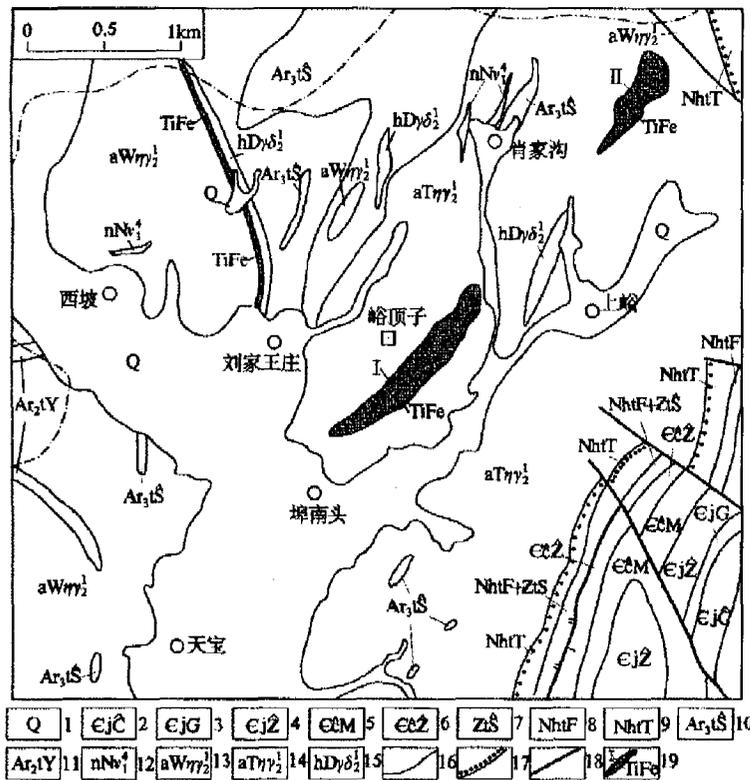


图 1 莒县天宝钛铁矿矿区地质图

1—第四系;2,3,4—古生代寒武纪九龙群妙米店组,崮山组,张夏组;5,6—长清群馒头组,朱砂洞组;7—新元古代震旦纪土门群旺庄组;8,9—南华纪土门群浮来山组,佟家庄组;10,11—新太古代泰山岩群山草峪组,雁翎关组;12—新太古代五台期南涝坡超单元南盐店单元;13,14—古元古代吕梁期微徕山超单元望母山单元,条花峪单元;15—红门超单元大寺单元;16—地质界线;17—不整合地质界线;18—断层;19—钛铁矿矿脉

为褐绿色中细粒含钛磁铁角闪石岩。矿石呈褐绿色,中细粒,半自型粒状结构,块状构造。

### 3.1 矿物组成

矿石中金属矿物由磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、黄铜矿组成;非金属矿物由角闪石、斜长石、辉石、黑云母、榍石、石英、磷灰石、方解石等组成。

此外,矿石中还含有少量的银金矿、赤铁矿、锆石等矿物,这些矿物含量少,粒度细,分布不甚均匀。矿石中矿物成分含量见表 1。

表 1 矿石中矿物成分含量(%)

角闪石	斜长石	钛铁矿	黑云母	榍石	磷灰石	黄铁矿	磁铁矿	方解石	合计
68.40	3.60	7.68	7.60	6.00	3.20	1.12	1.10	1.40	100.1

### 3.2 化学成分

根据化学分析结果和组合样品分析结果,矿石中主要有用组分为  $TiO_2$ , 共生有用组分为 Fe, 伴生有用组分为 Au,  $V_2O_5$  和 Cu。  $TiO_2$  达到工业要求, Fe 可

以综合利用,  $V_2O_5$ , Au, Cu 可以综合回收。

(1)  $TiO_2$  含量 5.01%~14.48% (I 号矿体平均 8.75%, II 号矿体平均为 8.33%)。沿矿体走向  $TiO_2$  含量有一定变化,但总体变化较小,其规律是两端含量低,一般小于 9%,中部含量高,一般大于 9%。矿体变化系数: I 号矿体为 12.88%; II 号矿体为 7.06%。  $TiO_2$  地表含量相对较低,沿矿体倾向往深部略有增高,特别是 I 号矿体 06 勘探线深部增高明显,最高达 11.81%。矿石中不同品位所占比例见表 2。

矿石中的  $TiO_2$  呈多种存在形式,其中主要以独立矿物的形式存在,独立矿物主要是钛铁矿,其次为榍石,少量以类质同象形式和微细包裹体的形式存在于磁铁矿、角闪石和黑云母之中(表 3)。

(2) TFe 是矿石中主要的共生有用组分,可以综合利用。 TFe 含量 11.66%~24.60%, I 号矿体平均为 18.47%, II 号矿体平均为 17.07%。总体变化较小,变化系数 I 号矿体为 11.28%, II 号矿体为 5.83%。其含量变化与  $TiO_2$  的含量呈比较明显的正相关关系。 I 号矿体在 00—04 勘探线 TFe 含量普遍较高,最高达 24.60%。

表 2 矿石中  $TiO_2$  不同品位所占比例

含量 (%)	<6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	≥11	变化系数
件数	18	51	241	489	390	103	34	合计 1326
								数 12.88

表 3  $TiO_2$  在矿物中的含量(%)

矿物名称	矿物含量	$TiO_2$ 含量		$TiO_2$ 分配量	$TiO_2$ 分配率
		化学分析	电子探针		
钛铁矿	16	45.00	47.08	7.20	81.17
榍石	—	—	39.30	—	—
磁铁矿	13	1.36	—	0.18	2.06
角闪石	43	1.88	1.52	0.81	9.13
黑云母	6	2.21	3.63	0.13	1.47
其他矿物	22	—	—	0.45	6.20
合计	—	—	—	8.77	100.00

注:电子探针测试由山东省地质科学实验研究院提供;其余化学分析测试数据由郑州市矿产研究所提供。

(3) 矿石中  $SiO_2$  含量为 32.00%~38.09%; 磁性铁(mFe)含量一般 4%~6%;  $W(mFe)/W(TFe) \leq 85\%$ , 为弱磁性铁矿石。  $P_2O_5$  含量小于 1.96%;

S 含量一般小于 1% (少数样品含 S 多一些, 可达 6% 以上);  $V_2O_5$  最低为  $466 \times 10^{-6}$ , 最高为  $1223 \times 10^{-6}$ , 平均为 0.077%, 接近达到伴生有益元素 (工业品位  $\geq 0.1\%$ ) 含量。矿石组合分析结果见表 4。

表 4 矿石组合分析结果

样品编号	$\omega_B/10^{-5}$										$\omega_B/10^{-2}$			
	Cu	Zn	Pb	Ag	Au	Mo	Sn	$V_2O_5$	As	F	SiO <sub>2</sub>	mFe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S
20050006	43	181	16	<1	<0.07	4.1	7.4	466	0.75	2008	38.09	0.16	1.38	0.02
20050007	113	176	18	<1	<0.07	3.1	5.9	510	1.0	1805	41.78	0.25	1.40	1.0
20050008	85	203	26	<1	<0.07	1.8	5.5	1093	1.9	944	33.89	5.78	0.48	0.02
20050009	41	207	26	<1	<0.07	2.2	6.5	862	2.0	1395	34.08	3.41	1.12	0.02
20050010	67	225	22	<1	<0.07	2.0	5.8	884	1.5	1076	35.56	4.66	0.62	1.5
20050011	149	156	19	<1	<0.07	3.1	7.0	651	2.9	1729	36.22	.11	1.39	2.9
20050012	53	174	18	<1	<0.07	2.7	7.1	569	0.3	2232	34.74	0.37	1.96	0.3
20050013	135	169	23	<1	<0.07	1.5	6.2	581	1.4	2081	35.01	2.51	1.74	0.28
20050014	72	227	21	<1	<0.07	3.4	4.5	996	0.2	1965	34.28	6.51	0.65	0.2
20050015	507	205	20	<1	<0.07	2.1	7.8	501	0.40	1957	37.76	2.80	1.39	0.64
20050016	90	259	66	<1	<0.07	3.1	4.8	1223	13	1729	32.00	8.64	0.31	13.2
20050017	54	245	23	<1	<0.07	1.7	4.8	651	0.90	1769	33.00	2.75	1.54	0.34
20050018	125	200	24	<1	<0.07	2.0	4.7	1051	0.65	1102	34.37	5.89	0.55	0.18
20050019	76	156	55	<1	<0.07	2.2	5.0	705	6.0	2050	37.84	0.41	0.63	6.0
20050020	135	170	21	<1	<0.07	2.3	6.4	813	2.3	1308	34.13	1.92	0.75	0.26

## 4 矿床成因及开发前景探讨

### 4.1 矿床成因

该矿床是一个含钛铁矿和磁铁矿较高的角闪石岩岩体, 规模较大, 形态简单, 矿化均匀, 其矿床成因应为岩浆成因类型。原始地壳的岩浆应是安山质的, 在重力分异的作用下, 富含钾、钠和硅质的岩浆上侵并形成了花岗岩系列的岩体; 而富含铁、镁、钛等成分的岩浆因比重较大, 受重力影响下沉到地壳深处, 当有大规模的深大断裂形成时, 该岩浆在地壳内应力作用下或小板块挤压力的作用下, 沿深大断裂上侵到达地壳浅部, 在 NE 向张扭性的次级断裂中冷凝固晶, 形成含钛磁铁矿角闪石岩岩体 (即矿体)。矿床成因应为岩浆晚期分异型钛铁矿床<sup>[2]</sup>。

矿体的围岩为弱片麻状二长花岗岩, 矿体与围岩是侵入接触关系, 二者界线清楚, 矿体中未发现片麻状构造, 说明矿体的形成时代晚于二长花岗岩。二长花岗岩形成于晚太古代晚期, 矿体的形成时代也应在晚太古代之后。另外在第 2 勘探线矿体的顶板附近, 见到了含钛磁铁矿角闪石岩中有围岩二长花岗岩的包体 (残留体), 也证明了矿体形成于二长花岗岩之后 (晚太古代之后)。矿体实际上是一个含钛铁较高的角闪石岩体, 其矿体的形成时代也是角闪石岩的形成时代。区域地质资料研究成果表明, 角闪石岩属于中生代燕山早期埠村超单元凤凰峪单

元。综上所述, 初步推断矿床的形成时代为侏罗纪。

### 4.2 开发前景

莒县天宝钛铁矿矿体规模较大, 形态简单, 矿体直接裸露地表, 矿石质量较好。矿区水文地质、工程地质条件简单, 矿石储量较大, 基本查明 (331) + (332) + (333) 类矿石资源量 1.04 亿 t, 其中有用组分 TiO<sub>2</sub> 金属量 893.68 万 t。

该矿为一大型钛铁矿矿床和铁矿矿床, 其主要有用组分为 TiO<sub>2</sub>, 伴生有用组分为 TFe, 可综合利用, 经济价值较高, 是山东省目前已发现的最大的钛铁矿产地。矿体直接裸露地表, 开采技术条件简单, 可露天开采, 无须复杂的采矿设备和交通运输工具, 采矿成本低廉, 可直接出售矿石或选矿后出售精矿粉, 经济效益可观。如能开发利用, 定能成为莒县地区经济发展新的增长点, 同时也能带动当地第三产业的发展, 安置大量的剩余劳动力, 具有良好的经济效益和社会效益。

### 参考文献:

- [1] 全国矿产储量委员会. 矿产工业需求参考手册[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [2] 长春地质学院. 矿床勘探[M]. 北京: 地质出版社, 1979.

(下转第 52 页)

**参考文献:**

[1] 陈光远, 邵伟, 孙岱生. 胶东金矿成因矿物学与找矿[M]. 重庆: 重庆出版社, 1989, 420-423.

[2] 孙丰月, 石准立, 冯本智. 胶东金矿地质及幔源(C-H-C)流体分异成岩成矿[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1995, 27-139.

## Geological Characteristics and Ore Exploration Sign of Xilaokou Gold Deposit in Rushan City

ZHANG Zhi—chen, QU Shao—fei, DING Xian—hua, DONG Shou—zhi  
(No. 7 Brigade of China Armed Police, Shandong Yantai 264004, China)

**Abstract:** Xilaokou in Rushan city locates in northeast edge of Laiyang basin. Rock property is very complicated with structural fault. Gold deposit occurs in contacting belt of adamellite in Neoproterozoic Sinian period and Paleoproterozoic Jingshan group. Major gold ores occur in diorite fault belt of Jingshan group. Ore-forming has the characteristics of multi-period. Altered diorite in Jingshan group is the symbol of ore-forming, while silicification, potash alteration, sericitization, carbonation and pyritization are alteration symbols. Induced polarization effected by geophysical exploration and Abnormality of Au, Ag, As, Sb and Bi by geochemical exploration are indirect symbol for ore exploration. Contacting belt of Qushan rock and Jingshan group and Contacting belt of Mesozoic strata are good belts for ore-forming. Faults with the trend of NE distributed in this part has close relation with ore-forming.

**Key words:** Gold deposit; geological characteristics; ore-exploration symbol; Qushan rock; Jingshan group; Xilaokou; Rushan city in Shandong province

(上接第 47 页)

## Study on Geological Characteristics and Its Origin of Tianbao Ilmenite Deposit in Juxian County

ZHANG Lian—feng, ZHANG Zeng—qi, LIU Peng—rui

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Tianbao ilmenite deposit is the first large-type ilmenite deposit which is found and evaluated in Shandong province. It locates in east part of Gongdanshan uplift in Yishu fault belt. Ore bodies are brown-black ilmenite-bearing magne-horblendite, while country rocks are poor gneissic coarse monzonitic granite in Tiaohuayu unit of Aolaishan superunit in Mecezoic Luliang formation. 2 ilmenite deposits have been found occurring with the trend of NE. The length of I deposit is 1600m, average width is 180m, and controlling depteh is 204m. The length of II deposit is 880m, surface width is 150~200m, and the depth is over 100m. Average degree of the two deposits is: TiO<sub>2</sub> is 8.77% and 8.33%; TFe is 18.47% and 17.07%. Resource amount of the two deposits with the type of (331)+(332)+(333) is 10461.6×10<sup>4</sup>t, TiO<sub>2</sub> is 905.2×10<sup>4</sup>t. The scale of the deposit is large and is easy to explore, and ilmenite, iron and other elements can be used synthetically.

**Key words:** Ilmenite deposit; geological characteristics of the deposit; horblendite; Juxian county in Shandong province; Tianbao