

# 青岛铁陨石的发现及其化学成分和矿物学分析

尹延鸿<sup>1</sup>, 孙嘉诗<sup>1</sup>, 刘昌岭<sup>1</sup>, 刘新波<sup>1</sup>, 马新国<sup>2</sup>

(1 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 2 青岛琴岗监理公司, 青岛 266071)

**摘要:**青岛铁陨石是在2004年5月发现于青岛市城阳区惜福镇,重约30 t。通过初步的化学分析和矿物学分析,发现其铁含量为94.02%,镍含量为5.29%,钴含量为0.45%,主要矿物为铁纹石,局部含有陨磷铁镍石的晶体或集合体,表明它是一块典型的铁陨石。该区历史上没有陨石降落的记载,根据该铁陨石产出在第四系的全新世冲—洪积层中离地表3~4 m的深度处,推断它的降落年代应是全新世。

**关键词:**铁陨石; 化学成分; 矿物学特征; 铁纹石; 青岛

中图分类号:P68

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2006)03-0121-04

陨石是宇宙物质降落在地球上的产物,记录了丰富的宇宙信息<sup>[1]</sup>,大的陨击事件对地球的环境演化有重要影响<sup>[2-5]</sup>。根据化学成分的不同,世界上的陨石可划分为3大类:石陨石(Stony meteorites)、铁陨石(Iron meteorites)和石铁陨石(Stony-Iron meteorites)<sup>[6]</sup>。石陨石主要由硅酸盐组成,含有少量的铁镍金属和铁的硫化物;铁陨石主要由铁镍金属组成,含少量铁的硫化物、磷化物和碳化物;石铁陨石由大致相等的硅酸盐和铁镍金属组成。3种陨石中以石陨石最普遍,铁陨石及石铁陨石相对较少。2004年5月在青岛市城阳区惜福镇工业园内发现的铁疙瘩,经初步鉴定,是一块典型的铁陨石,为方便起见,暂称为青岛铁陨石。

## 1 发现过程及形态规模

2004年5月18日,在青岛市城阳区惜福镇街道办事处东约1 km、惜福镇工业园青岛交河技工塑料有限公司的新建场区东侧的低洼地处,在第四纪全新世冲—洪积层的沉积物中,挖掘机离地表约3~4 m深处碰到一硬东西。经局部清理,发现是一块锈迹斑斑的大铁疙瘩,该铁疙瘩像个大的铁秤砣,呈不规则梨形,下粗上细,下部腰围2.60 m,上部腰围1.40 m,高1.28 m,体积约0.4 m<sup>3</sup>,密度7.7 g/cm<sup>3</sup>,质量约3 000 kg(图1)。这块铁疙瘩一被发现,几位地质学家和天文学家相继进行了现场观察和分析,初步判断为“天外来客”,即陨石。我们详细

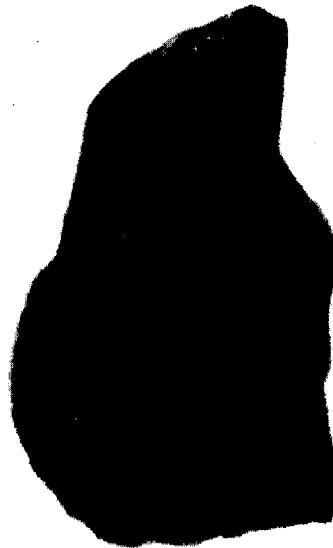


图1 青岛铁陨石照片

Fig. 1 The Photo of Qingdao iron meteorite

研究了该铁疙瘩的产出地层和周围的地质情况,并对其进行了采样,做了相关的分析测试,证实它是一块典型的铁陨石。

在我国,已在多个省份发现了铁陨石并对其进行较详细的研究<sup>[7-9]</sup>。新疆阿勒泰地区发现的铁陨石,质量约28 t,论质量在世界上排第三,在我国当数第一,含铁88.6%,含镍9.27%,主要矿物成分为铁纹石和镍纹石<sup>[7]</sup>。在我国发现并保存的200 kg以上的铁陨石见表1,从表1可以看出,青岛铁陨石按质量在国内大致排在第三。

## 2 产出状态及周边地质特征

青岛铁陨石大致呈不规则梨形,埋藏在全新世

基金项目:国家自然科学基金项目(40272078)

作者简介:尹延鸿(1954—),男,研究员,从事海洋地质、构造地质和环境地质研究。

收稿日期:2005-10-13; 改回日期:2006-02-28。 文凤英编辑

表 1 我国已发现的主要铁陨石

Table 1 The main known iron meteorite in China

质量排序	陨石名称	降落或发现地点	降落或发现日期	质量/kg	保存地点
1	新疆铁陨石	新疆阿勒泰 47°N、88°E	1965 年发现	28 000	新疆自然博物馆
2	南丹铁陨石	广西南丹县 26°5'N、107°42'E	1958 年发现	9 500	原地,部分保存在中科院地化所
3	青岛铁陨石	青岛城阳 36°18'30"N、120°29'30"E	2004 年 5 月发现	3 000	青岛市城阳区区委院内
4	英德铁陨石	广东英德县 24°12'N、113°24'E	1958 年发现	3 000	广东省博物馆
5	宁日铁陨石	西藏宁日县 32°12'N、87°48'E	1983 年发现	700	西藏宁日
6	建始铁陨石	湖北建始县 30°48'N、109°30'E	约 1890 年降落	600	中科院地质所
7	沛县铁陨石	江苏省沛县 34°42'N、117°E	1917 年前发现	400	徐州第一中学
8	商都铁陨石	内蒙古商都县 42°30'N、114°E	1957 年发现	247	河北省地矿局,中科院地质所
9	田林铁陨石	广西田林县 24°18'N、116°6'E	1956 年 9 月发现	230	中国地质大学(北京)
10	贵溪铁陨石	江西贵溪县 28°17'N、117°11'E	不祥	220	北京天文馆
11	凉城铁陨石	内蒙古凉城县 40°30'N、112°30'E	1959 年发现	200	国土资源部博物馆

沉积物中 3~4 m 深处,原始状态为大头在下,小头在上,呈倾斜状,与地面夹角约 45°,朝向东南方向。挖出时其表面已严重氧化,表面的氧化层厚约 10~20 cm,大部分已脱落。在该铁陨石的周围,还有 60~70 cm 厚的氧化侵染层。由于生锈脱落严重,虽然陨石的原始表面状态已难以考究,但其在空气中燃烧及飞行的流线特征仍然能够看出来,局部仍残留少量燃烧形成的凹坑的痕迹,在生锈层之中,局部位置还见到少量 1~2 mm 的气孔。

该铁陨石产在第四系全新统冲积层中,冲积层为含砾粗砂—黏土质砂,厚度不均,在陨石产出的坑内厚度较大,可达 5 m。第四系之下为上白垩统青山组火山岩—安山质火山熔岩,灰紫色,气孔发育。在陨石发现点的东部和北部(相距陨石

发现点约 10~15 m),有部分安山质火山熔岩出露地表。

### 3 化学成分

该铁陨石表面锈迹斑斑,在表面的氧化层(铁锈层)之下,是新鲜的内部。内部呈银白色,均匀,致密坚硬,取样很困难。用小钢锯锯下了少许内部新鲜样品,对新鲜样品(新 1)和生锈样品(锈 1)进行了化学成分的分析测试。铁的含量用化学分析方法,其他成分用等离子体光谱分析仪(ICP)进行化学成分的测试,测试单位是中国地质调查局海洋地质实验检测中心,使用的仪器是法国制造的 JY38S 型顺序扫描感耦等离子体光谱仪。测试结果见表 2。

表 2 青岛铁陨石的化学成分

Table 2 The chemical compositions of Qingdao iron meteorite

样号	Fe	Ni	Co	P	Na	Ca	Zn	K
新 1	94.02	5.29	0.45	0.31	0.047	0.042 1	0.036 6	0.020 0
锈 1	66.01	2.77	0.19	1.41	0.049	0.128 5	0.022 1	0.021 0
Mg	Cu	Ti	Al	Ba	V	Mn	Sr	
新 1	0.015 1	0.012 9	0.003 8	0.002 7	0.005 7	0.004 35	0.002 32	0.000 27
锈 1	0.019 9	0.007 7	0.023 0	0.042 0	0.014 0	0.005 02	0.002 17	0.002 12

从测试结果可以看出,新鲜样品(新 1)铁的含量很高,铁含量达 94.02%;镍、钴的含量也较高,分别为 5.29% 和 0.45%。自然界镍和钴的含量是很低的,镍的克拉克值(地壳中的平均含量)为 0.018%,钴的克拉克值为 0.010%。铁陨石的一个

重要特征是镍的含量高,地球上自然铁中镍的含量不超过 3%,一般在 1% 以下,而铁陨石中的镍含量通常都超过 5%。青岛铁陨石符合这些特征,是典型的铁陨石。

生锈样品(锈 1)铁含量为 66.01%,镍含量为

2.77%，钴含量为0.19%。从新鲜样品(新1)和生锈样品(锈1)的测试结果比较可以看出,氧化(生锈)以后,铁、镍、钴、锌、铜的相对含量明显降低,这是由于铁、镍、钴、锌、铜容易氧化,形成氧化物或氢氧化物之故,磷、钙、镁、钛、铝、钡、锶的相对含量则明显提高(相对富集),而钠、钾、钒、锰的相对含量基本没有变化。

#### 4 矿物学特征

为了检测青岛铁陨石的矿物学特征,中国地质调查局海洋地质实验检测中心用X射线衍射分析仪对样品进行了测试。仪器型号为理学D/max-rA型X射线衍射仪,铜旋转靶,石墨单色器滤波,40 kV,70 mA,步宽为0.02°,预置时间为0.2 s,闪烁计数器记数。对上述我们采集的未生锈的新鲜样品(新1)做了X射线衍射分析。先把样品磨成光面,放入铝质样品槽内进行测试。测试结果显示,主要的粉晶衍射谱线d值为2.027、1.436、1.172、1.015 Å<sup>-1</sup>(1Å=10<sup>-8</sup>m),对应的矿物为铁纹石(Kamacite)。

铁纹石是特有的陨石矿物,呈等轴晶系,硬度为4,密度为7.3~7.87 g/cm<sup>3</sup>,颜色钢灰色,金属光泽,不透明,具磁性,均质性。铁纹石成分以Fe为主,Ni含量一般为5%~7%,Co含量为0.5%,这与上述所测的该铁陨石的新鲜样品的化学成分基本一致。

另外,在该铁陨石表面的生锈层中,发现局部有一种亮白色矿物晶体和集合体,对其进行了采样(采样时混入了少量铁的氧化物等成分),并做了X射线衍射分析。将所取样品在玛瑙研钵中研磨成粉末状,然后将样品压入玻璃质样品槽内,用X射线衍射分析仪进行测试。测试结果发现是一种铁陨石所特有的稳定矿物——陨磷铁镍石(Schreibersite),主要的粉晶衍射谱线d值为2.193、2.142、2.111、2.033、1.976、1.782 Å<sup>-1</sup>。X射线衍射图谱见图2。

陨磷铁镍石(Schreibersite)属四方晶系,晶体发育呈片状、柱状等,集合体为浑圆状、粒状等,性脆,硬度6.5~7,密度6.9~7.3 g/cm<sup>3</sup>。颜色为银白带浅黄色,金属光泽,不透明,强磁性。反射色强亮白,非均质性,系铁陨石中的稳定矿物。陨磷铁镍石稳定性高,基本不生锈。在铁纹石已严重生锈的情况下,陨磷铁镍石的晶体和集合体仍然不生锈,其光片特征见图3,铁纹石已严重生锈,呈褐红色,光片的照片边部的银白色矿物晶体和集合体——陨磷铁镍石则没有生锈。生锈的铁纹石有细微纹理,细微纹理中的亮白色细纹仍然是陨磷铁镍石。

该铁疙瘩刚一发现的时候,有一种观点怀疑它是1958年大炼钢铁的产物。经调查在该地点并未炼过钢铁,尤其是从它的化学成分和矿物学特征来看,特别是铁纹石和陨磷铁镍石的存在,说明它是典型的铁陨石,完全排除了大炼钢铁的产物。

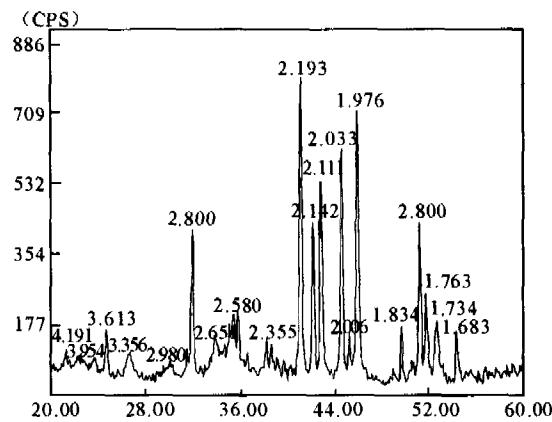


图2 青岛铁陨石中陨磷铁镍石的X射线衍射图谱

Fig. 2 The X-ray diffraction of schreibersite in the Qingdao iron meteorite



图3 青岛铁陨石表面生锈层的光片(光片长2.5 cm)

Fig. 3 The photo of polish piece of oxidizing layer of the Qingdao iron meteorite (the polish piece is 2.5 cm long)

#### 5 结论

(1) 通过对青岛铁陨石的化学分析和矿物学分析发现,其铁含量为94.02%,镍含量为5.29%,钴含量为0.45%,磷含量为0.31%,此外还含有钠、钾、钒、锰、锌、铜、钙、镁、钛、铝、钡、锶等元素。它的主要矿物为铁纹石,局部含有少量的稳定性高的陨磷铁镍石的晶体和集合体,证明是一块典型的铁陨石。

(2) 查阅青岛的有关历史记载,没有陨石降落的记录,只能根据其产出地层推测其降落年代。该铁陨石产出在第四系的全新统冲—洪积层中,故推断青岛铁陨石是在全新世期间降落到地球上,其降落的准确年代还有待于进一步探讨。

#### 参考文献(References)

- [1] 欧阳自远. 小天体撞击与古环境演变[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997. [OUYANG Zi-yuan. Impact of Asteroid & Palaeoenvironmental Catastrophe-Study on Six Cenozoic Bolide-Impact events[M]. Wuhan: Hubei Scientific and Technologic Press, 1997.]
- [2] Adam Klaus, Richard D Norris, Dick Kroon, et al, Impact-induced mass wasting at the K-T Boundary, Blake Nose, Western North Atlantic[J]. Geology, 2000, 28(4): 319-322.
- [3] Glass B P. Tektites and microtektites; key fact and inferences [J]. Tectonics, 1990, 171-393.
- [4] 欧阳自远. 天体化学[M]. 北京: 科学出版社, 1988; 223-229.
- [5] OUYANG Zi-yuan, Celestial Chemistry[M]. Beijing: Science Press, 1988, 223-229. ]
- [6] WAN Tian-feng, YIN Yan-hong, ZHANG Chang-hou, On the extraterrestrial impact and plate tectonic dynamics; a possible interpretation[C]//Proc. 30th Inter. Geol. Congr., 1997, 26, 87-95, VSP.
- [7] Graham A L, Beven A W R, Hutchison R. Catalogue of Meteorites(4th ed)[M]. London: British Museum (national history), 1995.
- [8] 陈永亨, 王道德. 我国铁陨石研究[J]. 地球化学, 1994, 23(增刊): 2-9. [CHEN Yong-heng, WANG Dao-de. Studies of meteorites in China[J]. Geochimica, 1994, 23(suppl.): 119-125.]
- [9] 卞德培. 我国已知陨石的初步统计[J]. 地球化学, 1978(3): 227-233. [BIAN De-pei. Statistics of the known meteorites in China [J]. Geochimica, 1978(3): 227-233.]
- [10] 王道德. 铁陨石及中铁陨石的稀有气体同位素丰度和放射性核素活度[J]. 地球化学, 2000, 29(5): 495-499. [WANG Dao-de. Noble gas isotopic abundances and radionuclide activities of iron meteorites and mesosiderites[J]. Geochimica, 2000, 29(5): 495-499.]

## THE DISCOVERY OF QINGDAO IRON METEORITE AND ITS CHEMICAL COMPOSITION AND MINERALOGY

YIN Yan-hong<sup>1</sup>, SUN Jia-shi<sup>1</sup>, LIU Chang-ling<sup>1</sup>, LIU Xin-bo<sup>1</sup>, MA Xin-guo<sup>2</sup>

(1 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China; 2 Qingdao Qinggang Supervise Company, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** The Qingdao iron meteorite was found in May, 2004. Its weight is about 3 ton. It may be the third largest iron meteorite in China. Fe content is 94.02%, Ni content 5.29%, and Co 0.45% in the iron meteorite. The main mineral is kamacite, and crystal and aggregate of schreibersite were also found in the iron meteorite. These minerals are typical of iron meteorite. The iron meteorite occurred in Holocene sediments, so it landed in Holocene.

**Key words:** meteorite; chemical composition; mineralogy; Qingdao