

广西田林龙车乡陨铁的初步研究

梁宝贤

(冶金部地质局资料馆)

李树岩

(中国地质大学, 北京)

主题词: 陨铁; 铁纹石; 镍纹石; 合纹石; 维斯台登构造; 广西

提 要: 本文对广西田林龙车乡陨铁熔壳、比重、硬度、矿物成分及化学成分进行了研究。通过光片镜下观察、电子显微镜、电子探针、穆斯堡尔谱、X-射线衍射、化学分析等测试手段, 发现该陨铁主要由铁纹石、镍纹石、合纹石等组成, 其次含少量磷铁镍矿、磁铁矿等。铁纹石呈板状, 镍纹石呈条带状相间排列形成明显的维斯台登构造, 属中粗粒八面体铁陨石。

用扫描电镜在陨铁的松散颗粒中发现较好的矿物雏晶, 这是比较少见的。

陨铁是来自宇宙的不速之客, 它带来宇宙星体的物质与信息, 是我们了解宇宙研究宇宙的珍贵标本, 研究陨铁对于探讨宇宙地质、太阳系的形成和地球的起源有着极其重要的意义。

一、广西田林龙车乡陨铁的发现

该陨铁是1957年10月北京地质学院广西生产实习队李存厚、尹集祥二位同学在广西壮族自治区田林县龙车乡人民委员会发现的, 运回北京后送交院博物馆进行展出, 现仍在武汉地质学院北京研究生部博物馆(原北京地质学院博物馆)展出, 最近我们对该陨铁进行了初步鉴定。

二、陨铁的外观特征

田林龙车乡陨铁呈不规则状, 近似长方体, 长约36厘米, 宽约24厘米, 厚约20厘米, 重97.5公斤。比重7.94(25℃, 扭力天平测)。硬度4—4.5, 小刀在陨铁上能刻划出痕迹。陨铁表面呈棕褐色, 新鲜断面为钢灰色—锡白色。

陨铁外壳分带不明显, 表面约5/6由一层熔壳包裹, 熔壳上有很多大小不等浑圆状熔蚀坑(气印)(如照片1)。熔蚀坑直径大者约6厘米, 深1.8厘米。小者直径仅有1厘米, 深0.4厘米。这些熔蚀坑是陨铁进入大气过程中产生高温高压, 使陨铁表面呈熔融状态, 与大气撞击形成凹凸不平浑圆状熔蚀坑(气印), 由于陨石飞行速度快, 瞬间通过大气层, 只熔表面薄薄一层, 而形成陨铁熔壳。

该陨铁除5/6有明显的熔壳包裹外, 还有约1/6表面没有熔壳, 呈棱角状规则的断面, 据推测此断面可能是陨铁降落时低空崩裂或与地面撞击而形成的。

三、田林龙车乡陨铁的主要矿物成分

该陨铁经过反光显微镜下观察,并用扫描电镜、电子探针、光谱、X-射线衍射分析、穆斯堡尔谱、化学分析等手段进行测试,发现该陨铁主要由铁纹石、镍纹石、合纹石等组成,其次为磷铁镍矿、磁铁矿等,此外还有次生褐铁矿。现将矿物成分描述如下:

表1 铁纹石X-射线粉晶数据
Table 1 X-ray powder diffraction
data of kamacite

<i>l</i>	<i>d</i>	<i>hkl</i>
4	(2.234)	110B
10	2.028	110
5	1.434	220
2	(1.290)	211B
8	1.171	211
6	1.014	220

注:武汉地质学院北京研究生部X光室李朝辉分析。
实验条件:Fe K α , 35kV, 10mA, 8小时,相机直径
57.3mm。

1. 铁纹石 是陨铁的主要组成矿物,约占80%以上,其颜色为钢灰色或锡白色,强金属光泽,呈板状、致密块状、不规则粒状集合体等。有强磁性,延展性良好。在铁纹石颗粒边缘,颗粒之间及其内部常见镍纹石共生。

经反光显微镜观察,其反射色略带淡黄色调的亮白色,具均质性,反射率R(470) 47.49%, R(546)49.53%, R(589)51.08%, R(650)53.38%。显微压入硬度VHN(25克) 183.4公斤/毫米²。光片经5%硝酸浸蚀,

可见铁纹石呈板状晶体,板的厚度为1.2—1.5毫米,镍纹石有规律地分布在铁纹石板状晶体边缘,形成明显的维斯台登构造(照片2)。

电子探针分析结果(重量%): Fe 92.0360%, Ni 6.8846%, Co 0.6240%, P 0.0298%, 合计99.5743%。化学结构式: Fe_{0.9280} Ni_{0.0661} Co_{0.0059} [2]简化为 (Fe, Ni, Co)。

2. 镍纹石 锡白色,强金属光泽,呈条带状、蠕虫状(照片3)、叶片状、不规则粒状等,分布在铁纹石边缘。颗粒之间或其颗粒内部。硬度比铁纹石大,延展性好,具有磁性,反光镜下呈亮白色微带淡黄色调,具均质性,反射率: R(470)52.14%, R(546)54.54%, R(589)55.93%, R(650)58.67%。显微压入硬度VHN(25克) 327.8公斤/毫米²。镍纹石抗酸性强,不受腐蚀,因此陨铁光面经稀硝酸浸蚀后镍纹石明显突出,形成一条条镍纹石条带,分布在铁纹石板状晶体间,形成明显的维斯台登构造(照片2)。

电子探针分析数据(重量%): Fe 72.9462%, Ni 26.0661%, Co 0.2140%, Si 0.0270%, 合计99.2533%。化学结构式: Fe_{0.7448} Ni_{0.2532} Co_{0.0020} 简化为 (Fe, Ni)。

3. 合纹石 是由铁纹石与镍纹石组成的,只能在光片中经稀硝酸浸蚀后才能观察到,一般呈多边形、条纹状、斑点状、细脉状等多种构造出现,经稀硝酸浸蚀后合纹石呈斑点状、条纹状、细脉状等(照片3,4)。对斑点状合纹石我们曾做过一点电子探针定量分析,其数据如下(重量%): Fe 82.7588%, Ni 16.4542%, Co 0.4058%, P 0.0256%, 合计99.6444%。化学结构式: Fe_{0.8377} Ni_{0.1584} Co_{0.0039} 简化为 (Fe, Ni)。

4. 磷铁镍矿 乳滴状、粒状、囊状、条带状(照片5)等,反光镜下反射色呈亮白色或微带淡绿的浅棕色,反射率R(470)46.55%, R(546)48.7%, R(589)50.06%, R(650)52.46%。具均质性,硬度较铁纹石大,显微压入硬度VHN(25克) 598.7公斤/毫米²。有磁性。囊状、粒状、乳滴状磷铁镍矿裂纹较发育,并常分布在铁纹石边部裂隙处,首尾与镍纹石相接。月牙形条带状磷铁镍矿分布在铁纹石粒中,无裂纹现象。电子探针分析结果(重

量%)如下:

(1) 月芽形条带状磷铁镍矿: Fe 49.3827%, Ni 35.7403%, Co 0.1415%, P 14.1960%, 合计: 99.4605%。化学结构式: $(\text{Fe}_{1.9294} \text{Ni}_{1.3284} \text{Co}_{0.0052})_{3.2630} \text{P}$ 简化为: $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3 \text{P}$ 。

(2) 囊状磷铁镍矿探针分析结果 (重量%): Fe 44.2400%, Ni 41.1228%, Co 0.0915%, P 13.9238% 合计99.3780%。化学结构式: $(\text{Fe}_{1.7622} \text{Ni}_{1.5582} \text{Co}_{0.0034})_{3.3238} \text{P}$ 简化为: $(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3 \text{P}$ 。

5. 磁铁矿 灰黑色致密状或细小颗粒, 分布在陨铁外壳, 个别沿裂隙进入陨铁内部分布在裂隙两侧, 具强磁性, 为次生矿物, 反射色为灰白色, 均质无内反射, 反射率: R(470) 19.12%, R(546) 20.04%, R(589) 20.51%, R(650) 21.52%。

6. 褐铁矿 褐色、棕褐色, 分布在陨铁表面, 这是陨铁坠落之后长期风化作用形成的次生矿物。

除上述矿物外, 用扫描电子显微镜在陨铁靠近外壳的松散颗粒中, 发现矿物枝状雏晶(照片6)。这些雏晶已构成铁纹石板状晶体的雏形, 为铁纹石板状晶体的形成奠定了基础。

四、陨铁的化学成分

从表2化学分析结果可以看出陨铁主要的化学成分是 Fe、Ni, 铁镍之和约占 98%, 这说明陨铁主要是由铁镍组成。一般认为陨铁是小行星核部物质, 而地球内部又是铁镍核心, 这说明宇宙飞来的陨铁与地球有着成因上的联系。

表 2 陨铁化学分析结果

Table 2 Chemical analyses of meteoritic iron

样 品	广 西 田 林 龙 车 乡 陨 铁					
元 素	Fe	Ni	Co	P	S	合 计
含 量 (重量%)	90.21	7.78	0.43	0.0131	0.0255	98.4586

注: 由中国科学院地质所化学分析室董光复测定。

五、陨铁的构造

陨铁为板状、块状、致密状集合体、条带状构造等。铁纹石呈板状、块状、致密状集合体间夹着镍纹石条带。光片经稀硝酸浸蚀后出现清晰的维斯台登构造与合纹石构造。铁纹石、镍纹石与合纹石定向有规律地按八面体晶出, 形成维斯台登构造(照片2)。光片在反光镜下观察可以看到保留着清晰的留曼线, 这是陨铁在宇宙空间运转过程中受到冲击变质作用的结果。

维斯台登构造是在高度还原的物理化学条件下形成的铁纹石、镍纹石合金。

该陨铁铁纹石晶体板厚度1.2—1.5毫米, 所以应属中、粗粒八面体铁陨石^[3], 与墨西哥的西归皮尔科(xiquipilco)中粗粒八面体铁陨石构造相类似^[4]。

六、陨铁中铁的价态研究

为了解陨铁的形成环境,我们对陨铁中铁的价态进行了穆斯堡尔谱研究,实验曲线及拟合结果: Fe^{3+} 占2%,零价Fe占98%。穆斯堡尔谱实验的样品是取光片标本时锯下的碎屑,未除去陨铁氧化外壳,因此可断定2%的三价铁是陨铁氧化外壳组分混入之故,所以陨铁中铁的价态是零价,这充分说明陨铁是在缺氧的高度还原的物理化学条件下形成的。

七、结 束 语

通过对该陨铁进行一系列工作,发现该陨铁有以下几个特点: 1. 该陨铁比重较大(7.94)。2. 无陨硫铁,陨硫铁是陨铁中最普通常见矿物,一般陨铁大都含有陨硫铁,但该陨铁却没有陨硫铁。3. 该陨铁发现有较好的矿物枝状雏晶,这是比较少见的。

在本项工作的研究过程中,曾得到苏良赫教授、彭志忠教授、张培善研究员、陶克捷同志的热情鼓励与支持,并在业务上予以指导,样品测试得到北方煤炭测试中心电子探针室、电镜室、X光室、穆斯堡尔谱室、中科院地质所分析室等单位的大力赞助,尤其潘治贵、张建洪、尹子芳、武志国、于众等同志的大力协助。颜慰萱、江祖如、任建新等同志也给笔者以鼓励和支持,使本项工作得以顺利完成,笔者谨向有关单位及个人深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 王东坡等, 1981, 吉林省洮南球粒陨石的矿物学初步研究。长春地质学院学报, 第1期, 第6页。
- [2] 闻传芳, 1980, 建始和乐山陨铁。地质科学, 第3期, 第294页。
- [3] 欧阳自远等, 1964, 三块铁陨石的矿物成分及形成条件的研究。地质科学, 第3期, 第250页。
- [4] 【美】E. A. 金, 1976, 宇宙地质学概论。王道德等译, 1983, 科学出版社, 第33页。

A Study on the Iron Meteorite in Longche Township, Tianlin County, Guangxi

Liang Baoxian

Li Shuyan

(Information Department, Bureau of Geology, MMI)

(China University of Geosciences, Beijing)

Key words: Iron meteorite; kamacite; taenite; plessite;
Widmanstätten structure; Guangxi

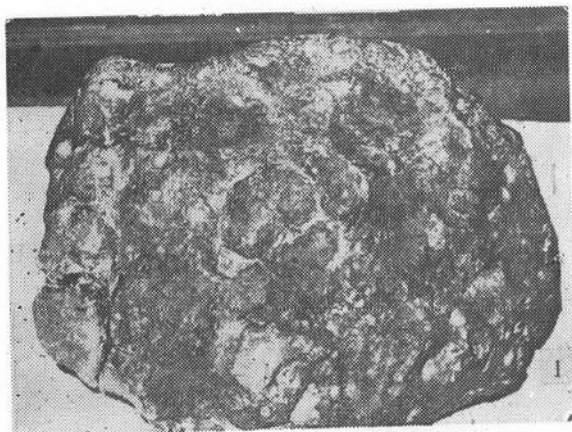
Abstract

The iron meteorite in Longche township is about 36cm in length, 24cm in width and 20cm in thickness, with a weight of 97.5 kg. Its surface color is brown while its fresh fracture is gray-silver-colored. A lot of rounded melt cavities are found in the outer crust of this meteorite, together with clear

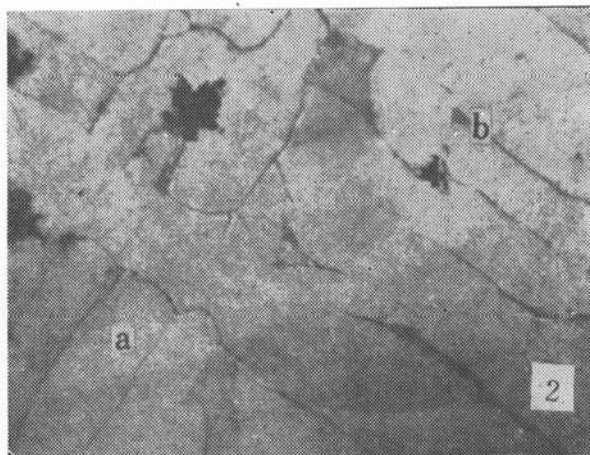
melt crust and break-up faces. The melt crust is composed of microcrystalline magnetites. Using such means as electron microscope, electron probe, spectrum analysis, X-ray Mössbauer spectrum and chemical analysis, the authors have succeeded in identifying the minerals in the iron meteorite, which are mainly kamacite, taenite and plessite with less schreibersite and magnetite. In addition, some fairly perfect crystallites can be seen under the scanning electron microscope.

The chemical composition of the iron meteorite is: Fe 90.21%, Ni 7.78%, Co 0.43%, P 0.0131% and S 0.0255% (98.4586% in total).

Kamacite is tabular in form and is interlayered with taenite, forming the Widmanstätten structure. The thickness of the kamacite plate is 1.2—1.5mm, suggesting that this iron meteorite is of a medium-coarse-grained octahedral type. It experienced shock metamorphism during its flying in the space, which caused the meteoritic minerals to have apparent Neumann Lines. The zero-valence state of iron in the iron meteorite indicates that it was formed under a strong reduction condition.



照片 1. 陨铁外观 熔蚀坑（气印）



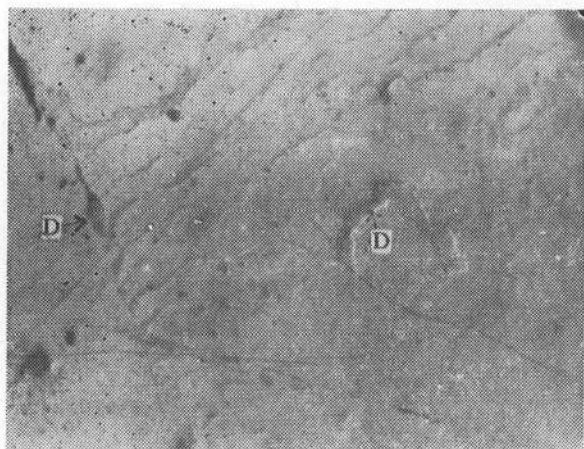
照片 2. 镍纹石条带 (b) 有规律地分布在板状铁纹石晶体 (a) 边缘, 形成维斯台登 (韦氏交纹) 构造 $\times 7.5$



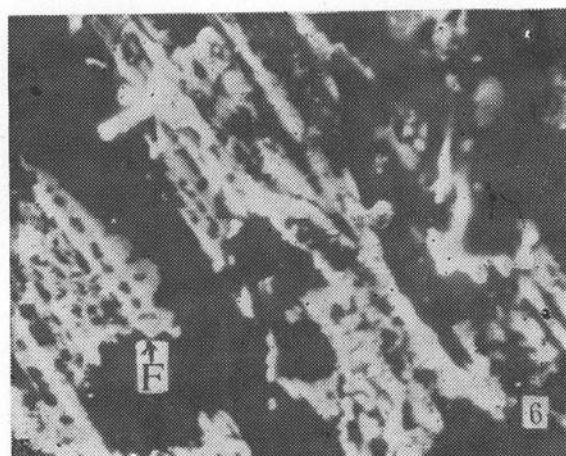
照片 3. 蠕虫状镍纹石 (b) 及合纹石 (c)
反光 $\times 25$



照片 4. 斑点状合纹石 (c)
反光 $\times 25$



照片 5. 呈粒状、条带状的磷铁镍矿 (D) 分布于铁纹石中 反光 $\times 250$



照片 6. 在陨铁外壳分布的铁纹树枝状维晶 (F) 扫描电镜 $\times 3000$