山东莒南大型石-铁陨石的发现

王鹤年　　邱德同*
（南京大学地质系）
李　瑛　　季荣桂
（南京地质矿产研究所）（广东地质分析测试中心）

1983 年 10 月，我们在山东莒南进行地质调查期间，据该县有关同志介绍，铁牛庙有一块奇特的“铁矿石”，当地群众敬之为“神牛”，为此，我们专程前去进行了实地调查．据考察，附近无铁矿床存在，亦无古代炼铁遗迹，遂在其表部采集了样品，经过室内鉴定，初步确定为铁陨石[1-5]．1985 年 6 月，我们再度赴该地对“铁牛”的历史及铁牛庙村史进行了社会调查和考证，并重新采集了样品．经进一步分析研究，确认“铁牛”陨石为石-铁陨石[6-7]．

一、“铁牛”陨石的产状及形态[8-10]

莒南“铁牛”石-铁陨石的形态：其地表出露部分呈较为平坦的鞍状，北部翘起．因形似牛背、牛头，当地群众称之为“铁牛”．陨石下部为一不规则的锥状体，插入覆土及基岩(片麻岩)中约 45 cm．



图 1　“铁牛”陨石下部锥体的熔失沟和熔失坑

“铁牛”陨石长 140cm，宽 80cm，厚度一般为 45cm，最大厚度 80 cm，体积约 0.6 m^3．按陨石表部及较内部样品测得的平均比重 6.2 计算，其重量约为 4000kg．

“铁牛”陨石的构造特征：陨石的锥部较致密，锥面具大型熔失沟及熔失坑(图 1)，熔失坑一般直径为 8 cm，深 5 cm．陨石的上部多气孔，其大小不一，大者孔径为 2—5 cm．

当陨石以很高的速度坠落地面，插入覆土及基岩时，由于强烈的冲击变质作用，使基岩(片麻岩)熔化，形成长英质薄壳呈页片状贴于陨石的外表，厚约 3—5 cm．熔壳上往往还有基岩碎块．在与基岩接触部分，石-铁陨石的表层亦具有薄页片状构造．

二、“铁牛”石-铁陨石的矿物组成[9-12]

“铁牛”石-铁陨石中发现的矿物共有三种成因类型：

1. 原生矿物　包括构成陨石基质镍铁部分的矿物(以锥纹石为主，镍纹石和合纹石很

本文 1985 年 9 月 13 日收到．

* 储同庆曾参加研究在陨石的发现及矿物鉴定方面做了较多工作，陈褚麒曾参加初期矿相工作．

少）和构成陨石石质部分的硅酸盐矿物（主要为橄榄石及少量辉石、石英、长石）以及微量氯铁矿、铬铁矿、陨硫铁、磷铁镍矿、磷灰石和石墨等.

2. 陨石坠落地面时形成的矿物 有磁铁矿、赤铁矿等.

3. 表生矿物 主要为褐铁矿.

"铁牛"石-铁陨石主要矿物特征[8,11,13]:

(1) 锥纹石：它是陨石铁镍金属部分的主要矿物，呈板条片晶（图 2），亮白色，强金属光泽，反射率约 60%，均质，无内反射，强磁性，维氏硬度为 170 kg/mm², 5%硝酸浸蚀后变暗. 矿物X射线粉晶及衍射数据为

d——2.026, 1.170, 1.013; I—— 10, 8, 7.

(2) 镍纹石 呈薄片状、长条状片晶（图 2），强亮白色，反射率约 65%，均质强磁性，硬度较低，维氏硬度为 120 kg/mm², 5% 硝酸浸蚀作用较小. 矿物X衍射数据:

d——2.075, 1.789, 1.265; I—— 10, 6, 6.

(3) 合纹石：锥纹石呈板条状，板条边缘由细纹状镍纹石镶嵌.

(4) 橄榄石：呈短柱状或粒状，有时可见锥面. 酒黄色或橄榄黄绿色. 玻璃光泽，贝壳状断口. 内部常有铬铁矿包体. X粉晶鉴定是透铁橄榄石 $(Mg0.7—0.5, Fe0.3—0.5)_2[SiO_4]$，其数据为.

d——2.80, 2.48, 2.27, 1.76, 1.51; I—— 10, 9, 5, 10, 9.

电子探针分析表明橄榄石成分有一定变化，FeO = 30—68.90%，MgO = 30—0%，SiO_2= 40—30%，即变化于透铁橄榄石到铁橄榄石之间.

(5) 辉石：呈板状、柱状. 黑绿色，玻璃光泽. 具解理，硬度大、性脆. X衍射鉴定为透

d——2.979, 2.523, 1.640; I—— 10, 9, 6.

辉石 $(CaMg[Si_2O_6])$ 及普通辉石 $(Ca、Mg、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Al、Ti)_2[(Si,Al)_2O_6)]$. 电子探针分析：FeO = 15—30%，CaO = 5—30%，SiO_2 = 15—35%，Al_2O_3 = 15—20%，MgO = 0—10%，Cr_2O_3 = 5—20%，为含铬的普通辉石.

(6) 石英：无色透明，较自形，可见短双锥或锥面，有时呈球粒状，包裹有黑色矿物. X粉晶及衍射鉴定均为石英. 电子探针分析 SiO_2 = 95.1%（图 3）.

d——3.346, 1.820, 2.68; I—— 10, 8, 5.

(7) 长石 呈短柱状. 白色，玻璃光泽. X衍射鉴定为钾长石.

d——3.27 3.23 3.78; I——10, 10, 7.

电子探针分析：K_2O = 20.47%，SiO_2 = 43.27%，Al_2O_3 = 26.40%，FeO = 5.85%.

陨石中次要矿物的特征:

(8) 氯铁矿[8]：由细小的微粒构成球状集合体(图 3). 电子探针分析，Fe 约 60%，Cl 约 30%，杂质少许. 氯铁矿一般认为是陨石的特征矿物.

(9) 铬铁矿：呈粒状，有时可见八面体晶形. 黑色，金刚光泽. X粉晶数据为

d——2.50, 1.465, 1.085; I—— 10 8 4.

电子探针分析 Cr_2O_3 = 40%，FeO = 30—20%. Al_2O_3 = 20% 为铬铁矿. 且常变化为铬铁尖晶石 Al_2O_3 = 50%，$FeO + Fe_2O_3$ = 20%，Cr_2O_3 = 15%.

(10) 磁铁矿：钢灰色，强磁性，光片中可见流纹状及同心环状熔壳构造.

此外，X衍射确定的矿物还有陨硫铁、陨磷铁镍矿、方铁矿、赤铁矿、石墨等. 重砂矿物鉴

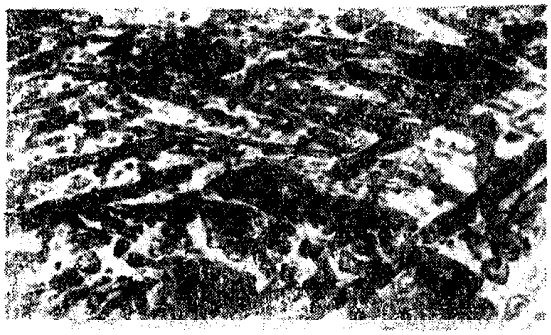

图 2　锥纹石(黑)、镍纹石(亮)片晶构成的维氏台登像(经 5%硝酸浸蚀). 20×

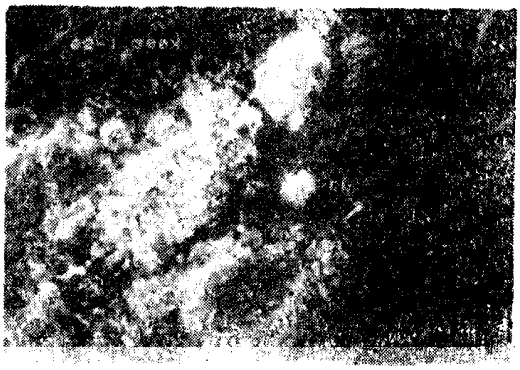

图 3　由氯铁矿微晶构成的球粒(注有 $FeCl_2$) 处附近有石英(注有 Si 处),电子探针照片. 300×

定还有磷灰石.

三、"铁牛"石-铁陨石的结构构造[8,10,14]

陨石主要呈海绵陨铁结构，在镍铁富集的致密块状部分，局部有类似于铁陨石的构造维氏台登像，并有留曼线. 镍铁基质中还有硅酸盐及金属矿物包体，分布不均匀，局部较为密集. 陨石表层次生熔壳构造发育.

(1) 海绵陨铁结构：镍铁矿物晶体组成海绵网状格架,其间充填了橄榄石、辉石等硅酸盐矿物晶体或玻璃.

(2) 维氏台登象：陨石光片富镍铁部分经 5%硝酸浸蚀,呈维氏台登象(图 2). 这是由于锥纹石与镍纹石片晶有规律地按八面体生长的结果.

(3) 留曼线："铁牛" 石-铁陨石的锥纹石中留曼线明显. 留曼线是与冲击效应有关的机械变形，形成于 600℃以下,是由体心锥纹石内机械双晶构成的微页理，光片中见到它们按照一定的角度交叉,一般沿立方体对角线、晶棱和中点连线分布.

(4) 包裹体："铁牛" 石-铁陨石中包裹体很多，分布不均匀，形状多为椭球形、圆形及陀螺形,大小不一,大者长径可达 1 cm，小的只有 $n \sim n \times 10\ \mu m$.

陨石中的包裹体[11,15-16]，按矿物组成可分为硅酸盐包裹体、金属矿物包裹体.

1) 硅酸盐包裹体主要有两种，一种是硅酸盐大包裹体，特征是纹象结构发育. 包裹体大小一般为几毫米,不规则形状. 电镜及探针分析鉴定,普通辉石中由成分近于钾长石的矿物



图 4　辉石及长石微晶构成的团粒,黑色部分为金属镍-铁. 正交偏光. 45×

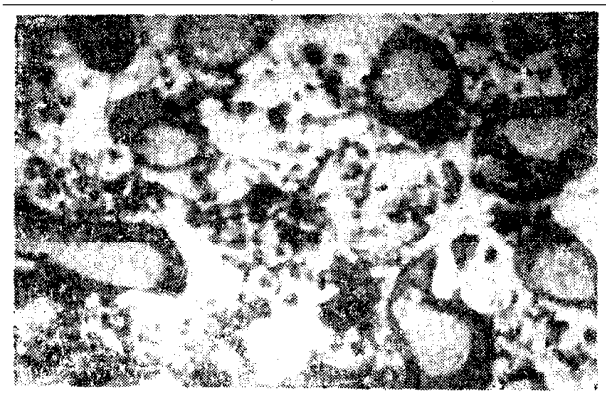

图 5　由金属铁(亮)及硅酸盐玻璃(黑)构成的包裹体. 平行偏光. 45×

呈纹象排列．另一种是硅酸玻璃及辉石、长石微晶所形成的陨石球粒（图 4）．

2）金属矿物包裹体主要由铁组成中心部分，边缘常有硅酸盐玻璃环绕，呈同心环状（图5）．

3）碳质包裹体一般个体较小，只有几十到几百微米，部分视域内小包裹体密集，碳质包裹体主要由鳞片状石墨集合体组成．

（5）熔壳构造：陨石在降落过程中，以很高的速度穿越大气层，表面产生很高的温度，局部熔融、氧化而形成磁铁矿，它具有流纹状和同心环状构造．

四、陨石类型[8-10,14]及降落时代

“铁牛”陨石在许多方面具有其独特之处[8]．它的矿物成分，硅酸盐矿物约占 20%，镍铁矿物约占 80%．硅酸盐矿物中，既有橄榄铁镍陨石的特征矿物橄榄石，又有中铁陨石的特征矿物辉石和长石．而长石又非钙长石，而是球粒陨石及非球粒陨石中特有的碱性长石．副矿物又出现中铁陨石及石陨石常有的铬铁矿以及球粒陨石中出现的磷灰石．因而，我们初步认为，“铁牛”陨石应属石铁陨石类，进一步研究正在进行中．

莒南“铁牛”陨石属于“发现型”．其陨落时代据初步考证至少在元代（公元 1200 年）之前．据山东地名志记载，相传范、彦两姓元初迁此建村，当时已有“铁牛”，范、彦两姓在“铁牛”边建立“南岳天齐”庙，即“铁牛”庙．由此推断，陨石坠落时代当在元初之前相当长一段时间．

1985 年 6 月，我们在当地访问调查时，该村的老人回忆曾见过“南岳天齐”庙里大石碑上记载，该庙为唐代所建，“铁牛”陨石位于铁牛庙的天井之中．因而陨石坠落的时代可能要推至唐代（公元 900 年），距今至少已有一千多年的历史．总之，“铁牛”陨石为一古老的陨石．

致谢：本文工作得到山东省莒南县政府的大力支持和南京大学地质系王德滋教授的热情指导，并得到南京地质矿产研究所矿相室、X 射线矿物鉴定室和电子探针实验室的帮助，特致谢忱．

参　考　文　献

[1] 涂光炽，地质知识，1956，3：31．
[2] 欧阳自远等，地质科学，1964，3：241—258．
[3] 欧阳自远等，地质科学，1965，2：182—192．
[4] 侯英等，科学通报，1964，8：727—729．
[5] Вдовыкин Г. Л., *Наука*, М., 1974, 6—30.
[6] E. A. 金著，王道德译，宇宙地质学概论，科学出版社，1983，5—32．
[7] Явнолъ А. А., в *Метеоритика*, АН СССР, **32**(1973), 25—36.
[8] Кринов Е. А., *Основы Метеоритики*, 1955, 143—286.
[9] Mason, B., *Meteorites*, N. Y., London, 1962, 41—220.
[10] McCall, G. J., *Meteorites and Their Origins*, Dayid and Charles, Newton Abbot, 1973, 55—125.
[11] Ramdohr, P., *The Opaque Minerals in Stony Meteorites*, Elsevier Publishing Company, 1973, 16—63.
[12] Mason, B., *Meleoritics*, 7(1972), 3: 309—326.
[13] 中国科学院地球化学研究所，矿物X射线粉晶鉴定手册，科学出版社，1978，5—10，69—74，214—217，251—257，304—309．
[14] Wasson, J. T., *Meteorites-classification and Properties*, Springer-Verlag, Berlin, New York, 1974.
[15] Bunch, T. E., Klaus Keil, Olsen, E., *Contr. Mineral and Petrol.*, **25**(1970), 297—340.
[16] Olsen, E., Jarosewich, E., *Science*, **174** (1971), 583—585.