吉林陨石的质子激发 X 射线分析

李民乾 陈志祥 盛康龙 秦俊法 金柏康 荣廷文 汪学朋

(上海原子核研究所)

宗普和 易惟熙

(中国科学院贵阳地球化学研究所)

关于陨石中元素的丰度是陨石研究的重要课题,为此人们进行了广泛而系统的研究,获得了大量的数据,并由 Mason^[1] 汇集出版。但是,这些元素在陨石不同矿物相中的分布,一般了解得比较少。元素在陨石不同矿物相中的分布,可使我们了解这些元素在陨石中的某些地球化学行为及与陨石形成条件的内在联系。我们应用质子激发 X 射线分析方法^[2],对吉林陨石中主要矿物相:辉石、橄榄石、铁-镍金属和陨硫铁进行了多元素的分析测定。同时,为了对陨石中球粒的形成条件与机理提供地球化学依据和了解陨石进入大气层后,在烧蚀过程中化学组成的变化,我们对吉林陨石中的球粒和熔壳也进行了分析测定。

一、实验方法

首先,我们将待测样品约 2 毫克加入 1% 的锆作内标,然后均匀混和于含有 0.005% 火棉胶的乙醚液(4 毫升)中,迅速倒入衬有涤纶薄膜的沉淀器内,待其自行挥发干后,取下并粘在靶架上,即制成实验用薄靶,由称量法得知靶厚一般为 0.5 毫克/厘米²。人工标准薄靶也是按照上述流程配制而得的。考虑到金属铁镍的延展性强,不易研细,我们采用了先硝化后研磨的办法。把上面制成的薄靶放入靶室,靶室一般处于低真空(10^{-1} — 10^{-2} 托),以免绝缘样品的静电积累效应。最后,用能量约为 1.2MeV 的均匀质子束轰击薄靶,所产生的 X 射线由 Si(Li) 探测器和多道分析器所记录。整个实验装置如图 1 所示。所测得的部分 X 射线能谱见图 2 至图 4。

图 1 PIXE 的实验装置示意图

1. 静电加速器(或 2. 回旋加速器); 3. 靶室; 4. 铝箔散射体; 5. 石墨准直孔; 6. 靶(样品衬底); 7. 抽气口; 8. 法拉第筒; 9. 束流积分仪; 10. 负高压; 11. 液氮冷冻装置; 12. 铍窗; 13. Si(Li) 探测器; 14. 脉冲光反馈前置放大器; 15. 吸收体; 16. 抗堆积放大器; 17. 多道分析器; 18. 小型计算机; 19. 数据输出

图 2 球粒 X 射线能谱

a. 未加铬吸收片; b. 加铬吸收片

本文 1977 年 10 月 5 日收到。

图3 辉石X射线能谱

图4 熔壳和全陨样品铁镍比值的对比

——熔壳；——全陨

加入1%的锆作内标,在相同实验条件下进行测量,则有如下关系式:

$$W_x(\%) = \frac{N_x/(N_z)_{zr}}{N_s/(N_z)_{zr}} \cdot W_s(\%), \quad (1)$$

式中 W_x 、 W_s 为样品和标准中待测元素的百分含量。 $(N_x)_{zr}$ 、 $(N_s)_{zr}$ 为样品和标准中内标锆的峰面积。 N_x 、 N_s 为样品和标准中待测元素的特征峰面积。

通过在线小型电子计算机,对所测得的X射线能谱进行解析,求出各待测元素和内标锆在样品和标准中的峰面积并代入公式(1),即可求出各待测元素在样品中的百分含量 W_x 。所得结果列入表1中。

表1 吉林陨石的质子激发X射线分析结果

含量% 元素	样品	全陨*	熔壳	球粒**	辉石	橄榄石	铁-镍	陨硫铁
S		1.93		0.42	0.20	0.05		
P		0.12					0.1	
Cl							0.03	
K		0.10	0.73	1.1	0.83	0.08	0.14	0.07
Ca		1.28	1.35	2.8	4.0	0.22	0.12	0.2
Ti		0.06	0.23	0.47	0.29	0.05	0.56	
Cr		0.29	0.35	0.35	0.28	0.07	0.09	0.14
Mn		0.20	—	0.35	0.34	0.12	0.05	—
Fe		28.9	30.3	16.6	12.3***	18.3***	93.0	
Ni		1.80	5.4	0.07			6.1	
Cu		0.011		0.027	0.015	0.016		
Zn		0.008		0.007	0.012	0.005		

* 全陨数据引用中国科学院“吉林陨石雨”联合考察组的报告^[3]。

** 所分析的是各类球粒的平均化学组成。

*** 可能有极少量铁-镍金属呈浸染状分布于橄榄石和辉石中。

为了克服铁的谱线太强所造成的干扰,我们采用铬箔(11毫克/厘米²)作吸收片,大大抑制了铁的谱线,突出了铬、锰、钛等元素的特征峰,提高了对这些元素的测量精度(图2)。

对含量较高的元素(铁、钙等),分析误差一般小于5%。对微量元素锌、铜等测定误差主要来自峰计数的统计误差,可达20%。

二、结果讨论

1. 由表1及图4明显可见,熔壳中镍/铁比值比全岩明显升高,这与陨石进入大气层,在空气中燃烧,镍相对铁被烧蚀损失较少有关,使镍相对富集。熔壳中几乎不含硫、锌,这可能与陨石在烧蚀过程中硫和锌的大量耗损有关。

2. 在铁镍金属相中,含有0.1%的磷和0.03%的氯,这与铁镍金属相中含有少量磷铁镍矿和陨氯铁矿是相关的。将橄榄石与辉石进行比较,发现橄榄石的化学组成含量比辉石少,橄榄石中除大量的二氧化硅、镁和铁外,其他元素量微。而辉石中除大量的二氧化硅、镁和铁外,还含有较高的硫、钾、钙、钛、铬和锰,这可能与辉石中存在少量透辉石和钾长石有关。

3. 将球粒的分析结果与全岩相比显示出:在球粒中亲石性元素钛、锰、钙相对富集,而亲铁性元素镍、铁则相对贫化。由表1的数据和X射线能谱(图2和图3)的相似性表明球粒的平均化学组成与辉石很相似。这与吉林陨石中球粒主要是由辉石和相当量的橄榄石及少量的铁镍金属和陨硫铁组成的事实是一致的。

4. 质子激发X射线分析方法显示了能对少量样品(少于1毫克/厘米²)进行无损多元素分析的特点。这对样品稀少、要求保存原样或核对的研究工作尤为合适。

致谢: 本工作得到本所欧阳自远同志及复旦大学核物理教研组的同志们的支持和协助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Mason, B., *Handbook of Elemental Abundances in Meteorites*, 1971,
- [2] 上海原子核研究所活化分析组,物理,6 (1977), 4, 216.
- [3] 中国科学院吉林陨石雨联合考察组,中国科学,1977, 1, 38.

[上接 567 页]

小 结

用剥离纤维细束的方法证明腓肠神经中有部分纤维是支配跟腱及其邻近深部组织的,其末梢不仅分布在深层组织的浅表,也有在肌层中的。传入纤维包括A α 、A δ 和c纤维,而以后两类居多。它们的绝大多数都有深部压力感受器的放电特性。

参 考 文 献

- [1] 上海生理研究所针麻组,中华医学杂志,1973, 3, 131—135.
- [2] 张香桐,中国科学,1973, 1, 28—52.
- [3] 上海国际和平妇幼保健院门诊手术室、上海生理研究所针麻组,电针加强法在“人流”术中的应用,待发表.
- [4] 上海中医学院附属龙华医院针麻协作组,针刺麻醉理论原理讨论集(1),上海人民出版社,1972, 93.
- [5] 江振裕等,中国科学,1973, 2, 157—161.
- [6] 北京医学院基础部针麻原理研究组,中华医学杂志,1973, 8, 151—157.
- [7] Donald, L. & Stilwell, J. R., *Amer. J. Anat.*, 100(1957), 289—318.
- [8] Paintal, A. S., *J. Physiol.*, 152(1960), 250—270.
- [9] Besson, P. et al., *J. Physiol.*, 155(1961), 19.
- [10] Iggo, A., *J. Physiol.*, 155(1961), 52—53.
- [11] Mense, S. & Schmide, R. F., *Brain Res.*, 72(1974), 305—310.
- [12] Gasser, H. S., *J. Gen. Physiol.*, 43(1960), 927—940.
- [13] 魏仁榆等,科学通报,18 (1973), 4, 184—186.
- [14] 魏仁榆等,科学通报,21 (1976), 11—12 合刊, 505—506.
- [15] Harrison, L. M., *Exp. Neurol.*, 47(1975), 364—366.
- [16] 上海市第一人民医院、上海生理研究所针麻组,中华外科杂志,15 (1977), 1, 19—21.