安徽亳县陨石的穆斯堡尔谱研究

王奎仁　　杨海涛

（中国科学技术大学地球和空间科学系，合肥）

穆斯堡尔效应是原子核无反冲的 γ 射线共振吸收现象．数十年来迅速发展的穆斯堡尔谱学技术已经成为化学、磁学、生物学、矿物学和冶金学等领域的重要研究手段．近二十年来在陨石学研究中也取得了丰富的成果．

亳县陨石类型为 LL_4[1]，陨石的全岩化学分析结果见表 1．本文讨论穆斯堡尔谱研究结果．

一、谱的实验测定

本实验采用等加速的穆斯堡尔谱仪完成．γ 射线源为 $^{57}Co/Rh$，强度 25mci．探测器是 0.5mm 厚的 NaI 晶体闪烁计数器．讯号送至 FH-419G1 型 512 道脉冲幅度分析器以多路定标的方式进行记录．所得的穆斯堡尔谱是相对不同多普勒速度的放射源 γ 射线的透射计数．

实验中分别测定了一号陨石中的陨硫铁、辉石、球粒、全岩以及二号陨石中球粒和全岩共六件样品的穆斯堡尔谱．测定结果如图 1．测定均是在室温条件下进行的．

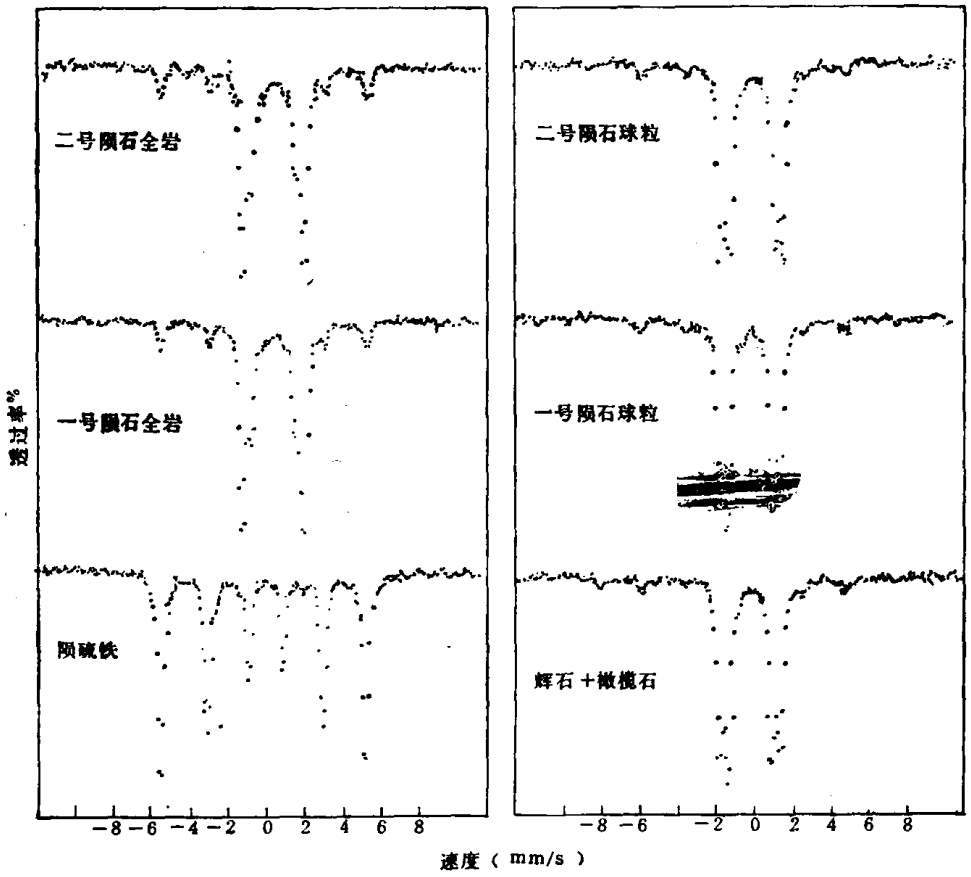


图 1　亳县陨石主要矿物相及全岩的穆斯堡尔谱（测定者：中国科学院上海冶金研究所）

本文 1986 年 7 月 5 日收到．

表 1　亳县陨石化学成分(测定者：李彬贤、顾靖飞、张巽)

	SiO_2	MgO	FeO	Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	Cr_2O_3	MnO	TiO_2	P_2O_5
1 号陨石	40.78	25.98	15.39	2.15	1.25	1.12	0.03	0.51	0.27	0.15	0.25
2 号陨石	40.35	25.78	15.13	2.15	1.25	1.10	0.03	0.48	0.27	0.15	0.25
	Fe	Ni	Co	Cu	Zn	FeS	C	H_2O^+	H_2O^-		TFe
1 号陨石	4.39	1.22	0.064	0.009	0.009	6.50	0.08	0.07	0.14		20.43
2 号陨石	4.24	1.21	0.062	0.009	0.009	7.57	0.08	0.07	0.14		20.81

二、谱的计算机分析

从穆斯堡尔谱学可知，γ 射线的共振吸收谱满足劳伦兹线型. 我们将测谱结果在 TRS-80 型微机上按劳伦兹线型进行拟合. 对于全岩和球粒样品，考虑物相主要为橄榄石、辉石和陨硫铁，进行剥谱和拟合. 通过多次迭代使 X^2 为最小，给出有关谱参数(见表 2).

表 2　亳县陨石各矿物相的穆斯堡尔谱参数

样品号	名　称	化学位移 mm/s	四极分裂 mm/s	线宽 mm/s		面积比 %	内磁场 KOe	备注
				Γ左	Γ右			
1	陨硫铁	0.75±0.01	−0.15±0.01	0.16 (外侧)	0.16 (外侧)	100.0	316±1	单矿物
2	辉石(M_2)	1.14±0.01	2.11±0.01	0.17	0.16	48.5		单矿物
	橄榄石	1.15±0.01	2.97±0.01	0.14	0.18	41.5		
3	辉石(M_2)	1.15±0.01	2.11±0.01	0.16	0.16	48.0		一号陨石
	橄榄石	1.15±0.01	2.95±0.01	0.16	0.16	43.0		中球粒
4	辉石(M_2)	1.14±0.01	2.10±0.01	0.16	0.17	44.0		二号陨石
	橄榄石	1.15±0.01	2.95±0.01	0.15	0.18	47.5		中球粒
5	辉石(M_2)	1.15±0.01	2.13±0.01	0.15	0.15	21.5		一号陨石全岩
	橄榄石	1.15±0.01	2.95±0.01	0.19	0.19	61.5		
	陨硫铁	0.75±0.02	−0.18±0.04			17.0	316±1	
6	辉石(M_2)	1.14±0.01	2.13±0.01	0.18	0.21	26.0		二号陨石全岩
	橄榄石	1.15±0.01	2.95±0.01	0.16	0.18	54.0		
	陨硫铁	0.76±0.02	−0.19±0.03			20.0	316±1	

三、结果讨论

1.天然辉石样品中，Fe^{2+} 离子可以占有两种晶格位置，即 M_1 位和 M_2 位. 因此在穆斯堡尔谱图上相应地出现两组四极分裂双峰. 同时橄榄石的四极分裂双峰位置与辉石 M_1 位双峰重迭. 经X射线粉晶分析发现本实验中的辉石样品含有一定量的橄榄石. 为了区分二者对谱的贡献，将上述样品用 5% 的盐酸处理，水浴加热至微沸，保持 1.5h 反应基本完全. 再将样品经X射线衍射分析，发现橄榄石的特征线消失(2.784 Å). 将经盐酸后的样品重新测谱(如图 2). 结果表明橄榄石的四极分裂双峰消失. 同时也表明亳县陨石中的辉石基本上不存在 M_1 峰.

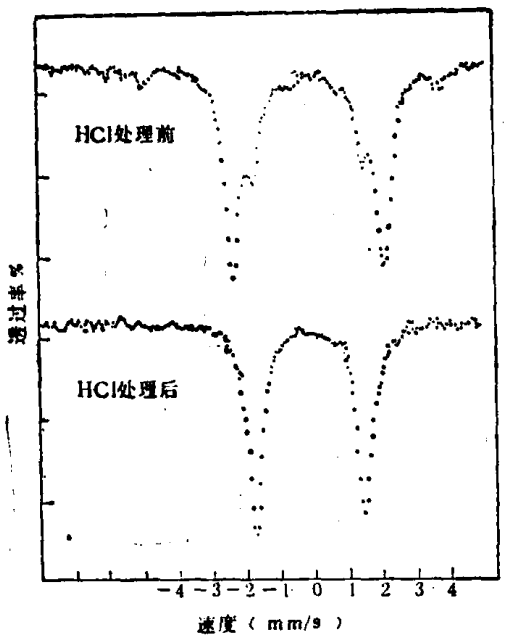


图 2　经 HCl 处理前后辉石的 Mössbauer 谱

2. 本文的穆斯堡尔谱研究表明，Fe^{2+} 离子在辉石中呈有序分布，主要分布于晶格中的 M_2 位，导致 M_1 峰缺失. 据 Dundon 和 Walter[2] 研究表明：不平衡球粒陨石中辉石的 Fe^{2+} 离子明显地无序分布；平衡球粒陨石中辉石的 Fe^{2+} 离子呈有序分布. 据此可确定亳县陨石应属于平衡球粒陨石.

3. Sprenkel-Segal[3] 曾用穆斯堡尔谱分析区分平衡球粒陨石与不平衡球粒陨石，发现平衡古铜辉石球粒陨石中橄榄石对辉石 Fe 的平均比值是 1.6，平衡的紫苏辉石球粒陨石的比值为 2.2，不平衡球粒陨石的比值还要高. 根据表 2 中的各样品中橄榄石与辉石穆斯堡尔共振吸收峰的面积之比，同时考虑样品满足穆斯堡尔效应所需要的"薄"吸收体条件，取无反冲因子的比值为 1.25[4]，可以计算出一号陨石橄榄石对辉石 Fe 的比值为 2.29，二号陨石橄榄石对辉石 Fe 的比值为 1.6. 比值 2.29 偏高的原因是由于该样品（一号陨石）橄榄石的含量高于二号陨石中橄榄石的含量，这可以从 X 射线衍射谱中得到证明（见图 3）. 实际上一号陨石与二号陨石中主要矿物相的含量之比是基本相同的. 上述所列比值之差完全是由于样品缺乏代表性所造成的，即在陨石的局部地方橄榄石与辉石的含量往往存在不均匀性，这就导致同一个陨石样品中铁在橄榄石与辉石之间的分配有不同的比值. 据此本文认为采用陨石中橄榄石对辉石 Fe 的比值来区分平衡球粒陨石与不平衡球粒陨石的方法应需进一步商榷. 对于没有取大样进行缩分的陨石样品用上述方法讨论陨石的平衡与非平衡问题是欠妥当的.

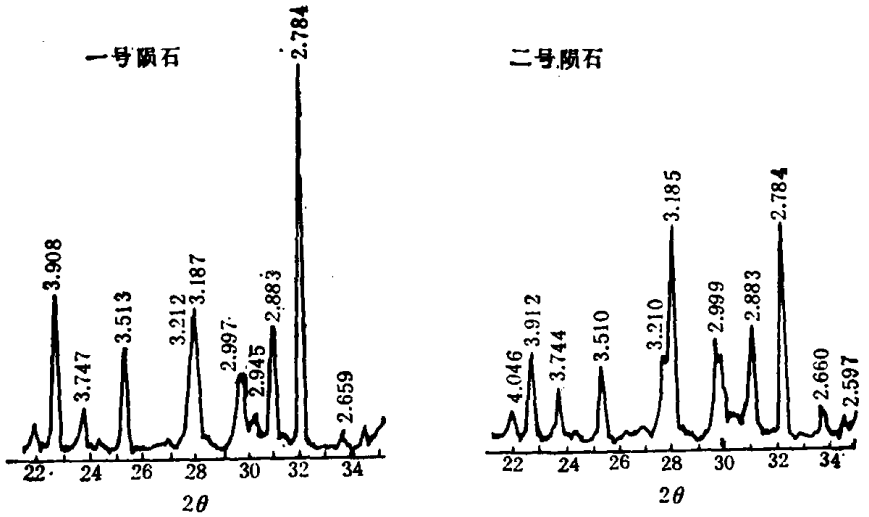


图 3　亳县陨石部分范围 X 射线衍射图谱（单位 Å，Cu 靶）
橄榄石特征峰 2.784 Å；　辉石特征峰 3.187 Å（周贵恩摄）

参　考　文　献

[1] 王奎仁等，科学通报，31(1986)，10：756—759.
[2] Dundon, R. W. and Walter, L. S., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2(1967), 372.
[3] Sprenkel-Segal, E. L., *Meteorite Research*, 106(1968), 593.
[4] Sprenkel-Segal, E. L., *Icarus*, 8(1968), 66.