重建通过地球大气层前的吉林陨石

欧阳自远

(中国科学院贵阳地球化学研究所)

G. 霍依兹

(西德马普核物理研究所)

为了恢复吉林陨石在通过地球大气层前的形状、大小、重量和估算其烧蚀量,并探讨吉林陨石的辐照历史,我们对吉林一号陨石的各顶角部位选取了9个样品以及3个其他碎块样品,用低本底 Ge(Li) 谱仪和二维 γ - γ 符合谱仪,对样品中的 ^{26}Al ($T_{1/2} = 7.16 \times 10^5$ 年)、 ^{60}Co (5.26 年)和 ^{22}Na (2.6 年)等宇宙成因 γ 放射性同位素进行了测量。谱仪的某些参数列于表 1。

表 1 Ge(Li) 及二维 γ - γ 谱仪的某些特性

	Ge(Li) 谱仪*			二维 NaI(Tl) 符合谱仪		
测定的核素	^{22}Na	^{54}Mn	^{60}Co	^{22}Na	^{54}Mn	^{60}Co
能量 [KeV]	511	835	1332	511	835	1173+1332
本底计数[计数/分]	0.074	0.018	0.0077	0.06	8.6**	0.017
探测效率(%)	6.3	5.3	2.1	8.4	20.8	3
探测限[衰变/分]***	0.062	0.037	0.061	0.042	0.2	0.063

* 活性体积 60cm^3 , 分辨率 2.6 KeV (1.332MeV)。

** 单晶测量。

*** 探测限 $= 1 + 2 \sqrt{BT} / ET$ (T 为计数总时间,约 14 天, B 为本底计数, E 为探测效率)。

用特制塑料和快速硬化剂制作每个样品的模型,以电解铜粉和粘结油脂作填料(填料密度与陨石相等),充填在模型内以测定本底;在填料中分别均匀加入 ^{26}Al 、 ^{60}Co 、 ^{22}Na 和 ^{40}K 标准源以测定每个样品的探测效率,以保证本底、标准和所测样品的几何条件一致。每个样品的测量时间约 14 天。吉林陨石的宇宙成因 γ 放射性同位素列于表 2。

吉林陨石具有比较复杂的辐照历史,已有的研究证明^[1-3]: 用单阶段暴露历史难以解释所测定的结果,选用两阶段暴露模型能够较满意地阐明吉林陨石的宇宙线辐照史。根据 ^{21}Ne 、 ^{53}Mn 的测定结果^[2-4],第一阶段的吉林陨星大约有几米到 10 米的半径,暴露年龄 7—10 百万年,现今的吉林陨石埋藏在距表面很浅的部位,因而吉林陨石仅受到 2π 几何条件的宇宙线照射。大约在距今 0.5 百万年前,第一阶段的吉林陨星又受到一次碰撞瓦解,碎裂出现今的吉林陨石母体——第二阶段的吉林陨星。

根据本工作测定的第二阶段中由宇宙线和陨石物质相互作用产生的 ^{22}Na (表 2),在各样品中几乎保持恒定,尤其是一号陨石中的 ^{22}Na , 接近 $98 \pm 10 \text{ dpm/kg}$ (表 2)。表明第二阶段 ^{22}Na 的产率与样品的埋藏深度无关。由 ^{22}Na 的产率可以计算出第二阶段 ^{21}Ne 的产率为 $0.16 \times$

本文 1982 年 1 月 29 日收到。

表2 吉林陨石中的某些宇宙成因 γ 放射性同位素 (dpm/kg) ($T = 0$)*

样品编号**	重量(克)	^{60}Co (5.27年)	^{22}Na (2.6年)	^{26}Al (7.16×10^5 年)
1-1	101	195 ± 8	103 ± 11	30.4 ± 3.2
1-2	125	100 ± 5	98 ± 8	30.3 ± 2.3
1-3	67	169 ± 8	106 ± 15	26.2 ± 4.4
1-4	143	229 ± 7	96 ± 7	32.1 ± 2.1
1-5	64	181 ± 9	90 ± 13	28.7 ± 3.8
1-6	163	99 ± 7	97 ± 8	25.5 ± 2.3
1-7	106	108 ± 9	107 ± 9	27.9 ± 2.5
1-8	109	169 ± 7	105 ± 9	28.9 ± 2.6
1-9	93	191 ± 7	92 ± 10	34.4 ± 2.8
5-032	327	72.3 ± 3.5	94 ± 6	33.2 ± 1.7
V-15-010	60	68.8 ± 5.2	121 ± 15	18.6 ± 3.8
VI-20-065	39	124 ± 12	120 ± 20	49.3 ± 7.9

* $T = 0$ 即换算成降落时样品具有的放射性 (dpm/kg)。

** 1-1—1-9 为吉林 1 号陨石各顶角样品的编号。

$10^{-8}\text{cm}^3\text{STP/g}$, ^{26}Al 的产率为 16 dpm/kg。根据表 2 的 ^{26}Al 值和 Weber 等^[5] 所测定的 ^{21}Ne 含量值作图,发现 ^{26}Al 与 ^{21}Ne 呈现明显的线性正相关关系(图 1)。

在第一阶段的 2π 照射条件下, ^{26}Al 和 ^{21}Ne 的产率大小决定于样品在陨星体中的埋藏深度。因为在第一阶段中各样品的 $^{21}\text{Ne}/^{26}\text{Al}$, 应落在一条通过零点的直线上(图 1 中的虚线),而直线的斜率决定于照射的时间和 $^{21}\text{Ne}/^{26}\text{Al}$ 的产率比。在第二阶段 4π 的照射条件下, ^{22}Na 、 ^{26}Al 和 ^{21}Ne 的产率均不呈现出深度效应。将各样品中的 ^{21}Ne 和 ^{26}Al 值作图,则可以得到一条向右平移的直线(图 1)。由图 1 可以计算出在第二阶段中 ^{26}Al 的产率为 16dpm/kg。通常 ^{26}Al 的饱和值为 60 dpm/kg, 因此可以计算出第二阶段的暴露年龄约为 0.3 百万年。根据图 1 中 $^{21}\text{Ne}/^{26}\text{Al}$ 的产率比,则可以求出第一阶段的暴露年龄为 11 百万年。

图1 吉林陨石中 ^{21}Ne — ^{26}Al 的相互关系

图2 通过地球大气层前吉林陨石的形状、大小及吉林一号陨石各样品的埋藏部位示意图

根据表 2 中 ^{60}Co 的值,应用 Eberhardt 等^[6] 提出的 H 群球粒陨石 ^{60}Co 的比放射性与样品的埋藏深度的模型,可以计算出各样品在通过大气层前的陨石母体中的埋藏深度(表 3)。计算

结果表明：通过地球大气层前的吉林陨石母体近于圆形，半径为 80—90 厘米，重量为 8—11 吨，样品受到 4π 几何条件的宇宙线照射。通过地球大气层前的吉林陨石的几何中心的坐标为 $X = 55$, $Y = 54$, $Z = 40$ 厘米(取样时所规定的直角坐标系)，即在吉林 1 号陨石内部。根据样品 5-032, V-15-010 中所测定的 ^{60}Co ，表明这两个碎块样品原来埋藏在距第二阶段吉林陨星的表面为 11—12 厘米，因此吉林陨星通过地球大气层时最大的烧蚀厚度可能为 10 厘米，烧蚀量为 2.5—3.5 吨，烧蚀率约 30%。

吉林陨石中宇宙成因 γ 放射性同位素的测定结果表明：吉林 1 号陨石是位于第二阶段吉林陨星的中心部位，其他碎块是在降落过程中不断爆裂、剥落而形成。吉林陨石在通过地球大气层之前的形状、大小及各样品的埋藏部位如图 2 所示。

表 3 吉林陨石各样品在第二阶段吉林陨星中的埋藏深度 (cm)

样 品 编 号	样品埋藏深度 (cm)	样 品 编 号	样品埋藏深度 (cm)
1-6	15—16.5	1-9	29.5—35
1-2	15.5—17	1-1	30—35.5
1-7	16—18	1-4	38—54
1-3	25—28	5-032	11—12
1-8	25—28	V-15-010	11—12
1-5	27.5—31	V1-20-065	21—23

参 考 文 献

- [1] Ouyang Ziyuan & Zhou Xiaoxia, *Reading Paper at 16th International Cosmic Ray Conferenoc*, 2(1979), 315.
- [2] Honda, M. et al., *Geochem. J.*, 1980, 14: 83.
- [3] Heusser, G. et al., *Meteoritics*, 1979, 14: 412.
- [4] Begemann, F. et al., *Z. Naturforsch.*, 1980, 35a, 37.
- [5] Weber, H. et al., *Noble Gases in the Kirin Hs- Chondrite, Meteoritics* (Preprint), 1982.
- [6] Eberhardt, P. et al., *Earth Sci. and Meteoritics* (Eds. Geiss, J. & Goldberg, E. P.), 1963, 143.