用不破坏 γ 射线谱分析法测定宁强陨石的放射性宇宙成因核素

柴之芳　苏　琼*　毛雪瑛　马淑兰　罗素明*

（中国科学院高能物理研究所，北京；*中国预防医学研究中心工业卫生研究所，北京）

王思潮

（中国科学院紫金山天文台，南京）

宁强陨石作为我国有记载的第一块碳质球粒陨石，引起了人们广泛的兴趣和重视*．根据矿物学和化学组成的初步结果，发现宁强陨石与著名的 Allende 陨石相似，同属 CV 群[1]．

宇宙成因核素的测定可提供有关陨石进入大气层前的尺寸和宇宙线暴露年龄等重要信息，因而构成陨石学研究的一个重要内容．为此，我们利用新研制成功的低本底 γ 谱仪，测定宁强陨石的放射性宇宙成因核素，以了解该陨石的演化历史．

一、实 验 方 法

由于宁强陨石体积小，收集到的量不多，所以只测定了一块宁强碎块的放射性．该标本近似为三棱锥台形，高约 3cm、上下底面线度分别为 3.5 和 6.0cm，重量为 253g．

利用石英砂、铁粉、氧化镁粉和少量粘合剂，制成与待测样品具有相同形状、大小和密度的模拟标准．标准中还含有经仔细混合、且强度已知的放射性标准溶液（对 ^{40}K，用天然氯化钾作标准掺入模拟样中）．

低本底 γ 谱仪由 1 个 3″ × 3″ NaI(Tl) 晶体作主探测器、1 个 ϕ550 × 550mm 的 NE110 塑料环形晶体作反符合屏蔽探测器，外面用 10cm 铅＋10cm 含硼石蜡＋4cm 铅作屏蔽．分辨率为 8.7%（对 ^{137}Cs 662 keV），康普顿抑制因子为 5.45（环形反符合），在 50 到 2000keV 能区的积分本底为 32cpm（加环形反符合时）．

由于样品的放射性弱，故为了获得满意的计数统计，每次测量时间长达 4 到 6 × 10^5Sec．根据待测核素的衰变特征，用符合法测 ^{22}Na 和 ^{60}Co、用反符合谱法测 ^{40}K 和 ^{54}Mn、用单晶谱仪方式测 ^{26}Al．

二、结果和讨论

表 1 列出了本工作测得的该宁强标本（代号为 HEPI-1）中的 ^{22}Na、^{26}Al、^{40}K、^{54}Mn 和 ^{60}Co 的含量．由于宁强陨石与 Allende 陨石的相似性，表 1 中还列出了 Allende 的结果[2-4]，以资比较．

本文 1985 年 5 月 18 日收到．

* 王思潮、王夕岳，宁强陨石的初步研究（待发表）．

已知 ^{60}Co 几乎完全由 $^{59}Co(n,\gamma)$ 反应所生成，对样品的位置极其灵敏，因此其含量可用来确定母体的尺寸、或样品在母体中的相对位置．由于宁强陨石的体积小，总回收量约 5kg，估计其半径不会超过 10cm．根据 Eberhardt 关系[5]，可确定宁强陨石的 ^{60}Co 之最高含量 $\lesssim 40$ dpm/kg．表 1 中列举的 Allende 陨石 2 号的 ^{60}Co 浓度为 41dpm/kg，据 Rancitelli 等计算，该标本约位于离其母体表面 10 至 12cm 处[3]．

在本实验条件下，谱仪符合工作时，对 ^{60}Co 的测量灵敏度为 7.4dpm/kg，最低可探测限为 14dpm/kg．实际对宁强 HEPI-1 样品的分析表明，在 γ 符合谱上未观察到 ^{60}Co 的谱线．这样低的 ^{60}Co 含量是与宁强陨石尺寸小、以及 Allende 陨石的结果是相符的．根据理论估算[5]和 Allende 及吉林陨石[6]的实际数据，可推测宁强 HEPI-1 号样品在其母体中的位置，离表面最多只有 2—3 厘米．

表 1　宁强陨石在坠落时的放射性核素之比放射性

核素	半衰期	宁强 HEPI-1 dpm/kg	Allende 陨石**, dpm/kg				
			1[2]	2[3]	3[3]	4[3]	5[4]
^{22}Na	2.6 年	68±4		69±2	76±3	81±2	89±3
^{26}Al	7.2×10^5 年	54±10	48±2	57±2	58±2	61±2	62.5±2.2
^{40}K	1.28×10^9 年	692±40*		430±30	440±40	520±30	671±67
^{54}Mn	303 天	130±31		99±4	117±4	129±4	126±11
^{60}Co	5.27 年	<7.4	14±3	41±2	73±3	127±3	166±4

* 包括原生的 ^{40}K 在内．** Allende 陨石的数据按 ^{60}Co 递增的次序排列．

本工作测得的宁强陨石中三个低能核反应产物 ^{22}Na、^{54}Mn 和 ^{26}Al 的生成率与同属 CV 群的 Al-lende 陨石的结果相比，大致相当或略低些，这是和宁强陨石的小尺寸相符的．

考虑到 ^{54}Mn 主要来自铁和镍的同位素的散裂反应，所以 ^{54}Mn 的含量与样品中铁和镍的含量有关．根据我们中子活化测得的铁和镍的量[1]，可将表 1 中 ^{54}Mn 的生成率换算成 481 dpm/kg $Fe+\frac{1}{3}Ni$，与 ^{54}Mn 的饱和生成率 450 dpm/kg $Fe+\frac{1}{3}Ni$ 相近．

宁强 HEPI-1 号的 ^{26}Al 生成率为 54±10 dpm/kg，与 CV 群的 ^{26}Al 生成率之平均值 57.5dpm/kg[7] 相符，再考虑到宁强陨石与 Allende 陨石在化学元素丰度和矿物组成方面的相似性，可设想宁强陨石有与 Allende 陨石相同的宇宙线照射历史，即同为简单照射，且对 ^{26}Al 已近照射饱和[7]．已知 ^{26}Al 的半衰期为 7.2×10^5 年，因此宁强的宇宙线暴露年龄至少为 3 百万年，与根据 ^{53}Mn 等计算得的 Allende 陨石的暴露年龄约 5 百万年[8]相近．

图 1 示出了宁强 HEPI-1 号和 Allende

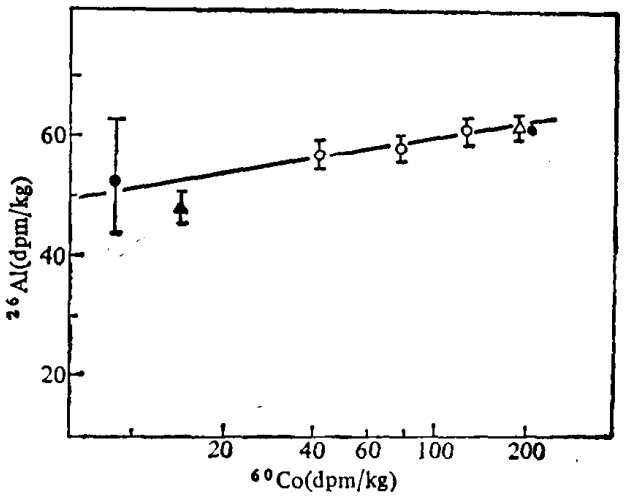

图 1　宁强陨石和 Allende 陨石的 ^{26}Al 与 ^{60}Co 的比放射性之相关性

Allende 陨石[6]

宁强陨石；同上[3]

同上[4]

两块陨石的 ^{26}Al 比放射性与 ^{60}Co 浓度之关系。由图 1 可见，随着 ^{60}Co 的大幅度变化，^{26}Al 的含量有相应的变化，但变化的范围却窄得多。宁强 HEPI-1 标本的数据点落在 Allende 陨石的延长线上，这对这两块陨石的相似性提供了一个新的证据。

致谢：欧阳自远研究员仔细审阅了本文手稿，提出了许多重要的意见，特此致谢。

参 考 文 献

[1] 柴之芳等，宁强陨石的元素丰度，科学通报，30(1985)，16：1240。
[2] Wrighly, R. C., Cosmogenic nuclides in the Pueblito de Allende and Murchison meteorites, paper presented at 33rd Annual Meeting, Meteorit, Soc., Skyland, Virginia, Oct. 27—30, 1970.
[3] Rancitelli, L. A. et al., Radionuclide composition of the Allende meteorite from nondestructive gamma-ray spectrometric analysis, *Science*, 166(1969), 1269.
[4] Cressy, Jr. P. J., Cosmogenic radionuclides in the Allende and Murchison carbonaceous chondrites, *J. Geophys. Res.*, 77(1972), 4905.
[5] Eberhardt, P. et al., in *Earth Sciences and Meteorities* (Eds. Geiss, J. and Goldberg, E. D.), North-Holland, Amsterdam, 1963, 143—168.
[6] Honda, M. et al., Cosmogenic nuclides in the Kirin chondrite, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 57(1982), 101.
[7] Heymann, D. and Anders, E., *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31(1967), 1793; Fuse, K. and Anders, E., *ibid*, 33(1969), 563.
[8] Heymann, M. et al., *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38(1973), 217.