第7卷 第2期 空间科学学报 Vol. 7, No. 2
1987 年 4 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Apr., 1987

太阳耀斑及核试验对大气中 ^{14}C 浓度的影响

戴 开 美
(南京大学物理系)

根据一系列简化模型和有关的观测资料，Lingenfelter 和 Ramaty[1] 算得 1937—1967 年三个太阳活动周期内全球 ^{14}C 产率的平均值为 2.2 ± 0.4 $^{14}C/cm^2\cdot s$，以及 1956—1961 年太阳耀斑引起的年平均 ^{14}C 产率，其中 1956. 2. 23 太阳耀斑引起的当年 ^{14}C 平均产率高达 2.33 $^{14}C/cm^2\cdot s$，使大气中 ^{14}C 浓度增加近 8‰. 如果这些数据是可信的，就有可能通过测定已知年代的含碳样品的 ^{14}C 含量的变化(它反映了大气中 ^{14}C 浓度的变化情况[2])来了解相应期间内是否有过大的太阳耀斑爆发.

Fairhall 和 Young[3] 估计，1950 年以前大气中有 4.1×10^{28} 个 ^{14}C 原子，到 1962 年底核试验(主要从 1952 年开始，1961—1962 年达到高潮)使大气中增加了 6×10^{28} 个 ^{14}C 原子. 这样，1956 年的太阳耀斑产生的 ^{14}C 很可能被核试验产生的 ^{14}C 所掩盖，因而无法判断这次耀斑是否引起了含碳样品 ^{14}C 含量的变化.

本世纪四十年代，Forbush[4,5] 曾观测到宇宙射线强度因太阳耀斑爆发而增加过四次. 这四次太阳耀斑爆发于 1942. 2. 28，1942. 3. 7，1946. 7. 25 和 1949. 11. 19. 1946—1949 年核试验刚刚开始，规模较小，对大气 ^{14}C 浓度的影响很小. 因而这 4 次耀斑爆发对大气中 ^{14}C 浓度的影响有可能在树木年轮等含碳样品的 ^{14}C 含量的变化中反映出来. 我们测定了 1940—1967 树木年轮的 ^{14}C 含量，其目的是了解太阳耀斑是否引起大气中 ^{14}C 浓度的可以测得的变化以及核试验对大气中 ^{14}C 浓度的影响.

一、样品制备与测量

树年轮样品取自生长在加拿大 Mackenzie 三角洲 (68°N,130°W) 的白云杉. 样品经 HCl-NaOH-HCl 反复煮洗去除树脂后放入专门的制样系统，在高温下与 Li 合成 Li_2C_2. 碳化锂与水作用产生 C_2H_2. C_2H_2 经催化剂 $CrO_3\cdot Al_2O_3\cdot SiO_2$ 的作用合成为 C_6H_6. 将闪烁体 PPO 及 POPOP 配制成闪烁液，按 1:5 的比例加入苯样品内便可进行测量. 测量瓶用石英材料制成，瓶口用 914 胶密封以防苯的泄漏.

样品用本实验室研制的低本底液体闪烁计数器[6]进行测量，它具有塑料闪烁反符合等降低本底的装置，测量精度可达 4‰ 左右.

本文于 1986 年 4 月 29 日收到.

二、结果和讨论

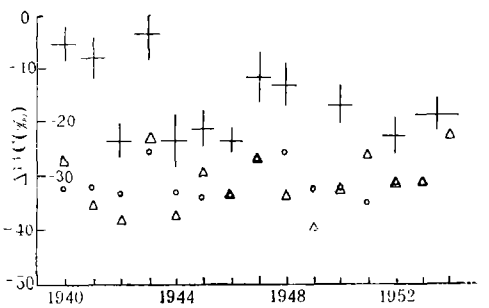
测得的 1940—1967 白云杉年轮的 ^{14}C 含量 $\Delta^{14}C$[2] 值见表 1．在图 1 中除画出了白云杉 1940—1954 年轮 $\Delta^{14}C$ 值外，还画出了 Damon 等[7]测得的 Radio Ridge 树（生长在 32°26′N，110°47′W）年轮的 $\Delta^{14}C$ 值及 Burchuladze 等[8]测得的 1940—1952 年陈酒(用生长在 38°N，45°E 的谷物酿制)的 $\Delta^{14}C$ 值.

表 1　白云杉年轮的 $\Delta^{14}C$ 值

树轮年代	$\Delta^{14}C$ (‰)	树轮年代	$\Delta^{14}C$ (‰)	树轮年代	$\Delta^{14}C$ (‰)	树轮年代	$\Delta^{14}C$ (‰)
1940	−5.6	1947	−12.4	1956	43.7	1964	963.5
1941	−8.1	1948	−13.7	1957	96.5	1965	914.7
1942	−23.4	1950	−17.5	1958	174.7	1966	870.4
1943	−3.6	1952	−23.2	1959	266.6	1967	704.1
1944	−23.7	1953	−19.4	1960	236.8	1968	
1945	−21.5	1954		1962	606.2		
1946	−23.7	1955	−2.2	1963	895.2		

由表 1 可以看出，1963—1964 年的 $\Delta^{14}C$ 值比 1950 年几乎增加了一倍，这是 1961—1962 年核试验的高潮所引起的．由此可见，^{14}C 在高空产生到含碳样品的 $\Delta^{14}C$ 值出现极大之间往往有 1—2 年的滞后时间．根据核试验在大气中产生的 ^{14}C 原子数以及增加的 $\Delta^{14}C$ 值，可以粗略估计 $\Delta^{14}C$ 每增加 10‰ 对应于大气中增加 6×10^{26} 个 ^{14}C 原子．由于核试验，1954 年开始 $\Delta^{14}C$ 值就有较明显的增加，因此测不到 1956 年的大太阳耀斑及 1956—1960 年的耀斑引起的大气中 ^{14}C 浓度增加的情况.

测量结果还表明：1. 1943 年的 $\Delta^{14}C$ 值比 1942 年高 20‰ 左右，因而可估计 1942 年的两次太阳耀斑大约使大气中增加了 10^{27} 个 ^{14}C 原子．但 1944 年的 $\Delta^{14}C$ 值又与 1942 年相近，1944 年 $\Delta^{14}C$ 下降的原因还不清楚．Damon 等和 Burchuladze 等测得的 1942—1944 年的 $\Delta^{14}C$ 的变化与本结果符合得很好．2. 1947—1948 年的 $\Delta^{14}C$ 值比 1946 年高约 10‰，因而可估计 1946 年的太阳耀斑大约使大气中增加了 6×10^{26} 个 ^{14}C 原子 Burchuladze 等测得的 1947—1948 年的 $\Delta^{14}C$ 值比 1946 年值的增加量与我们的结果是符合的．Damon 等的测量结果中 1947 年 $\Delta^{14}C$ 的增加是明显的，但 1948 年又回到 1946 年的水平．白云杉的 $\Delta^{14}C$ 水平比 Radio Rdge 树及陈酒略高，可能是样品的生长地点不同引起的．很可惜，白云杉的 1949 年树轮样品在早先做木材直接合成 Li_2C_2 的试验时用掉了，



+白云杉年轮 (white spruce rings)
△ Radio Ridge 年轮 (Radio Ridge rings)
○ 陈酒 (wines)

图 1　$\Delta^{14}C$ 值随年份的变化，
Fig. 1　Annual variations of $\Delta^{14}C$

所以不能测量 1949 年耀斑对 $\Delta^{14}C$ 的影响的大小.

参 考 文 献

[1] Lingenfelter, R. E. and R. Ramaty, Radiocarbon Variations and Absolute Chronology (Ed. I. U. Olsson), John Wiley & Sons, p. 513, 1970.
[2] 范章云和戴开美，物理学进展，第 **4** 卷，第 413 页，1984.
[3] Fairhall, A. W. and J. A. Young, *Adv. in Chemistry Series*, Vol. **93**, p. 401, 1970.
[4] Forbush, S. E., *Phys. Rev.*, Vol. **70**, p. 771, 1946.
[5] Forbush, S. E., *Phys. Rev.*, Vol. **79**, p. 501, 1950.
[6] 戴开美，李杰仁和陈廷扬，核电子学与探测技术，第 **5** 卷，第 235 页，1985.
[7] Damon, P. E., A. de Long and E. I. Wallick, *Earth Planetary Sci. Letters*, Vol. **20**, p. 300, 1973.
[8] Burchuladze, A. A., S. V. Pagava, P. Povinec, G. I. Togonidze and S. Usacev, *Nature*, Vol. **287**, p. 320, 1980.

The Influence of Solar Flare and Nuclear Tests on ^{14}C Concentration in Atmosphere

Dai Kai-mei

(Department of Physics, University of Nanjing)

Abstract

The ^{14}C content in 1940—1967 rings of a white spruce grown in Mackenzie Delta (68°N, 130°W) was measured in order to see if solar flare and nuclear tests could cause any measurable variation of ^{14}C concentration in the atmosphere. The results are presented and discussed.