

参 考 文 献

- [1] Garren, A. A. and Kenny, A. S., LBL internal report 2/74, (1974).
- [2] Sands, M., SLAC internal report TN-69-8, (1969), p 6.
- [3] Uta Völkel, Desy internal report 67/5, (1967), p 8.
- [4] Dragt, A. J., *IEEE*, NS-28 (3), 2627 (1981).

(编辑部收到日期: 1985年11月5日)

DESIGN STUDY OF A 600MeV SYNCHROTRON RADIATION LIGHT SOURCE

WANG RONGWEN

(Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

ABSTRACT

A design study of a 600MeV synchrotron radiation light source is given in this paper. Lattice cells of this facility are symmetrically disposed in four super-periods, momentum dispersion function equals zero in straight section. Touschek lifetime at 300mA is as long as 4 hours because of large overvoltage factor. Injection energy is 100MeV, "Multiturn" technique will be applied in injection scheme with the help of 3 kickers and a deflecting magnet. The magnetic field strengths of the kickers are in the range of tens of gauss, which can be easily excited by one turn coil in vacuum chamber. About 4—5 turns of electron beam can be injected into oscillating orbit in a single pulse duration.

Key words Synchrotron radiation, Overvoltage factor, Multiturn injection.

次模拟裂变中子源能谱测量

朱 升 云

(中国原子能科学研究院,北京)

关键词 次模拟裂变中子源, 含氢气体正比计数器, 能谱, 平均能量。

一、引 言

次模拟和模拟裂变中子源用于研究链式反应系统的各种性质, 所以这些中子源的能谱测量是很重要的。源材料、源包壳材料和工艺过程不同, 中子源能谱也不同, 因而在制作过程中, 对源中子能谱的监测是十分必要的。这些中子源的能量一般是几百 keV, 这一能区连续中子能谱测量一直是很困难的。中子飞行时间法不适于本工作; 阈探测器活化法在

500 keV 以下找不到合适的阈探测器；具有 n- γ 分辨的有机晶体闪烁谱仪只能测 0.5 MeV 以上的中子能谱；核乳胶法除了处理很复杂外，下限要低到 100—200 keV 也是很困难的，所以，根据文献[1]和[2]，采用含氢气体正比计数器测量了 Po- α -Li, Po- α -LiF(I) 和 Po- α -LiF(II) 三种次模拟中子源能谱，用含氢气体正比计数器测量低能中子能谱，方法简单(特别是没有 n- γ 分辨的测量)，结果可靠，能够测到几十 keV 以下，实验误差估计小于 $\pm 10\%$ 。

二、实验方法和数据处理

含氢气体正比计数器和实验装置示意图如图 1 所示。正比计数器是圆柱形的^[3]，为了减少各向异性的影响，计数器阴极直径为 8 cm，有效长度为 6 cm，内充 1.5 大气压的纯度好于 99.99% 的甲烷气体。测量时待测中子源与计数器前顶盖距离为 1—6 cm，由中子源强度决定。测量时中子沿计数器轴向入射，实验中，作了中子轴向和垂直于轴向入射的测量，结果表明，反冲质子谱的形状和幅度没有明显差别，说明计数器对中子入射方向是不灵敏的。在所测量的能区内， γ 射线影响很小，因此没有采用 n- γ 分辨技术。计数器输出讯号输入到低噪音电压灵敏前置放大器，反冲质子谱在多道分析器上记录。

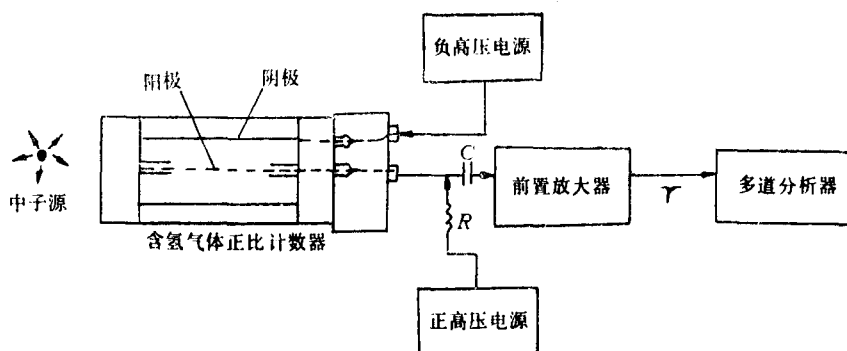


图 1 实验安排示意图

实验记录到的是反冲质子谱，在数据处理中，采用计数效率法将反冲质子谱转换成入射中子能谱^[4,5]。对所用含氢气体正比计数器用蒙特-卡罗方法计算其效率曲线^[6]，即在不同甄别阈 E_i 下对能量为 E 的入射中子的计数效率 $\epsilon(E_i, E)$ 随中子能量的变化。这样，对入射中子谱 $f(E)$ ，甄别阈 E_i 时计数器的总计数为：

$$N(E_i) = \int_{E_i}^{E_{\max}} f(E) \epsilon(E_i, E) dE \quad (1)$$

式中 i 表示所取的一组不同阈值的指标 ($i=1, 2, 3, \dots$)。由不同阈值时的总计数 $N(E_i)$ ，利用(1)式，通过解方程组可以得到中子谱 $f(E)$ 。

为方便起见，将(1)式改写成求和形式^[7]，并取求和能量间隔都为 ΔE ：

$$N(E_i) = \sum_{k=i}^n f(E_k) \epsilon(E_i, E_k) \Delta E = \sum_{k=i}^n f(E_k) A(E_i, E_k) \quad (2)$$

这里， $A(E_i, E_k)$ 是相应于阈能为 E_i ，能量为 E_k 时的效率 $\epsilon(E_i, E_k)$ 的矩阵元。实验记录的是微分谱，所以将(2)式作恒等变换：

$$\Delta N_i = \sum_{k=i}^n f(E_k) \Delta A(E_i, E_k), \quad (3)$$

式中 $\Delta N_i = N_i - N_{i+1}$ 是落在第 i 个能量间隔中的反冲质子数, $\Delta A(E_i, E_k) = A(E_i, E_k) - A(E_{i+1}, E_k)$ 是 $A(E_i, E_k)$ 的一次差值转置矩阵元。由方程(3)可得:

$$f(E_k) = \sum_{i=k}^n \Delta N_i \Delta A(E_i, E_k)^{-1} \quad (4)$$

式中 $\Delta A(E_i, E_k)^{-1}$ 是 $\Delta A(E_i, E_k)$ 的逆转置矩阵元, 由蒙特-卡罗方法计算而得。所以由实验测量的 ΔN_i 很易得到入射中子能谱 $f(E)$ 。由已知的中子能谱可以得到中子源的平均能量 \bar{E}_n :

$$\bar{E}_n = \frac{\int_E f(E) E dE}{\int_E f(E) dE} \quad (5)$$

三、结果和讨论

图 2—4 分别画出了 Po- α -Li, Po- α -LiF(I)和 Po- α -LiF(II)三种次模拟中子源的实验测量中子谱。Po- α -Li 中子源的能谱与 Barton 用氦扩散云室测量的谱^[8]符合很好, 和 Hess 理论计算谱^[9]的结果基本一致。Po- α -LiF 中子源的中子能谱未见报导, 但是, 可以想象为 Po- α -Li 和 Po- α -F 二种源的迭加。Po- α -F 的理论计算谱在图 3 中用虚线画出。在源的制作过程中, 工艺过程和源包壳材料不同会引起中子能谱的变化, 所以对 Po- α -LiF 源采用二种不同的源包壳材料, (I) 源是铜包壳, (II) 源是不锈钢包壳, 并且工艺流程中的冷却处理也不同。实验测量证实了上述假设, 从图 3 和图 4 可以看到两种明显不同的中子能谱: 对(II)源, Li 与 F 峰强度相当。在 0.5—0.7 MeV 能区, 由于 Po- α -Li 和 Po- α -F 二个源的迭加, 相对强度增大, 因而出现一个明显的迭加峰, (I)源由于 F 峰较弱 (F 峰相对强度约为 Li 峰的 0.4 倍), 在该能区相对强度有所增大, 但不如(II)源明显。由测量的中子能谱, 通过(5)式可以得到平均中子能量: $\bar{E}_n(\text{Po-}\alpha\text{-Li}) = 0.40 \text{ MeV}$, $\bar{E}_n(\text{Po-}$

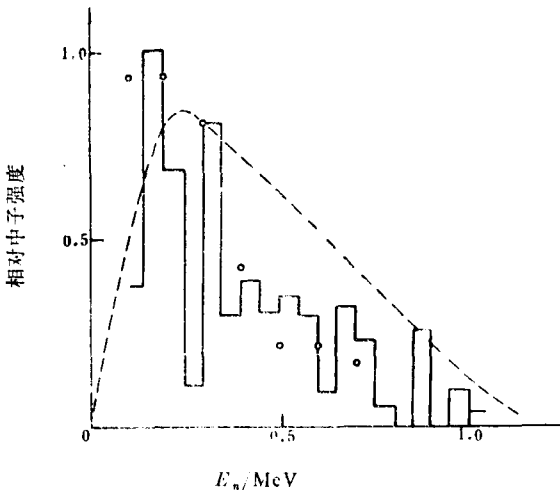


图 2 Po- α -Li 中子源能谱

——, 本工作; ○——Barton 测量谱; ·····, Hess 计算谱。

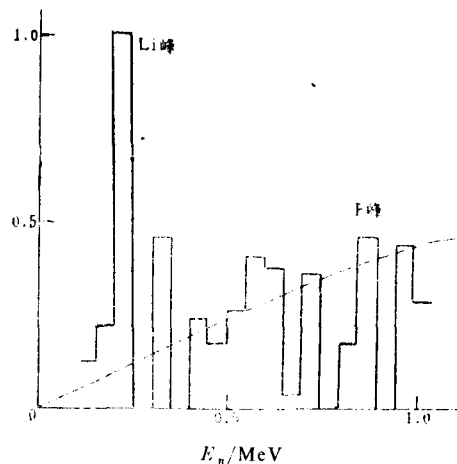
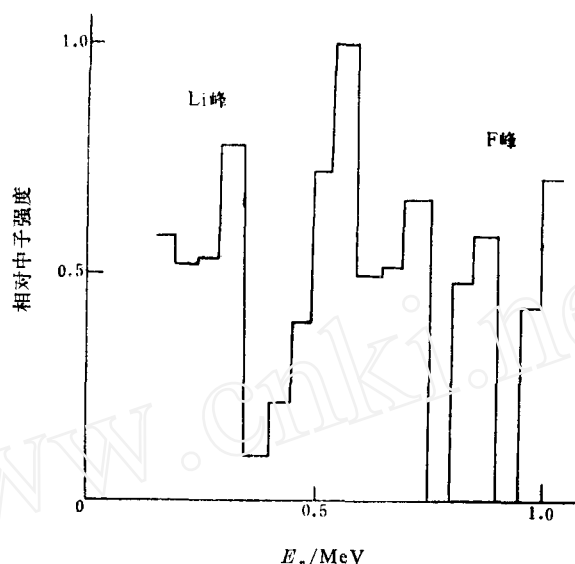


图 3 Po- α -LiF(I)中子源能谱

——, 本工作; ·····, Po- α -F 中子谱(Hess计算谱)。

图 4 Po- α -LiF(II)中子源能谱

α -LiF(I))=0.51 MeV, $\bar{E}_n(\text{Po-}\alpha\text{-LiF(II)})=0.56$ MeV。Hess 计算谱得到的 Po- α -Li 源的平均能量为 0.48 MeV。

感谢曹盘年同志提供了次模拟中子源和沈林兴同志计算了含氢气体正比计数器的效率曲线。

参 考 文 献

- [1] Bennett, E. F., ANL-6480, (1962).
- [2] Bennett, E. F., Rev. Sci. Instrum., 33, 1153 (1962).
- [3] 彭华寿等, 快中子通量测量用含氢正比计数器, 原子能科学技术资料选编 (1), 1 (1973).
- [4] Дорошенко, Г. Г. и др., Изв. АН СССР Сер. Физ., 27, 1308 (1963).
- [5] Дорошенко, Г. Г. и др., Neutron Dosimetry, 1, 337 (1963).
- [6] 沈林兴, 原子能院内部资料, 1970年.
- [7] Дорошенко, Г. Г. и др., Атомная Энергия, 16, 218 (1964).
- [8] Barton, D. M., LA-1609, (1953).
- [9] Hess, W. N., Ann. Phys., 6, 115 (1959).

(编辑部收到日期: 1985年4月9日)

ENERGY SPECTRUM MEASUREMENT OF SUB-MOCK FISSION NEUTRON SOURCES

ZHU SHENGYUN

(Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

ABSTRACT

The energy spectra of three sub-mock fission neutron sources were measured with a methane gas proportional counter. The measured energy spectrum of the Po- α -Li neutron source was compared with the existing measured and calculated spectra. A good agreement was found.

Key words Sub-mock fission neutron source, Hydrogeneous gas proportional counter, Energy spectrum, Mean energy.