

Leake计数器几何响应的研究

谭 民

陈常茂 王 正 闻友勤

(中国科学院高能物理所)

(中国原子能研究院)

研究了不同吸收层结构的 Leake 计数器的角响应和径向微分响应, 结果表明, 这些响应与吸收层结构基本无关。并且径向微分响应可用公式 $\varepsilon(P) = \sqrt{1 - (P/r)^2}$ 拟合。

关键词: Leake 计数器 方向性 径向微分响应

一、引 言

在以慢化方法测量中子剂量当量率的装置中 Leake 计数器占有极其重要的地位。以 Leake 计数器为探头的中子剂量当量率仪在不了解中子场的空间分布、能量分布和时间分布的情况下, 能够给出中子场瞬时的剂量当量率值。本文研究了 Leake 计数器的角响应, 径向微分响应与计数器结构的关系。

二、结 构

Leake 计数器的结构如图 1 所示。Leake 计数器由三个部分组成: 聚乙烯慢化体, 硼塑料中子吸收层和 ^3He 热中子探测器。外层聚乙烯球壳直径 215mm、厚度 68.5mm, 内层聚乙烯球壳直径为 62.0mm、厚度为 17.5mm。吸收层由厚度为 5mm 的两个半球组成, 在表面上均匀地钻若干个孔, 其中硼塑料的密度为 $400\text{mg}/\text{cm}^3$, 孔面比 (孔面积与硼塑料层外表面积之比) 在 1% 到 65% 范围内变化。

球形 ^3He 管外壳由不锈钢制成, 外径 33mm、壁厚 0.5mm, 工作气体 ^3He 的气压为 $4.82 \times 10^5\text{Pa}$, 另充少量 Kr 气。

三、角响应

角响应的实验安排如图 1 所示, 采用 Am-Be 中子源测量, 源强为 $1.01 \times 10^7 (\pm 2\%) \text{n/s}$, 源到 Leake 计数器中心距离为 $83.25 \pm 0.1\text{cm}$, 转动计数器方向进行测量。

由于 Leake 计数器的方向性只与其几何结构不对称相关, 并且变化很小, 所以只选取三个特定的中子入射方向 ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$) 进行测量, 即可以得到结果。

采用挡锥法扣除中子散射本底, 数据处理过程中考虑了死时间修正、甄别阈下的计数率损失。将点源折合成平行束处理所引起的误差小于 0.6%^[1]。由于是相对测量, 主要误差为

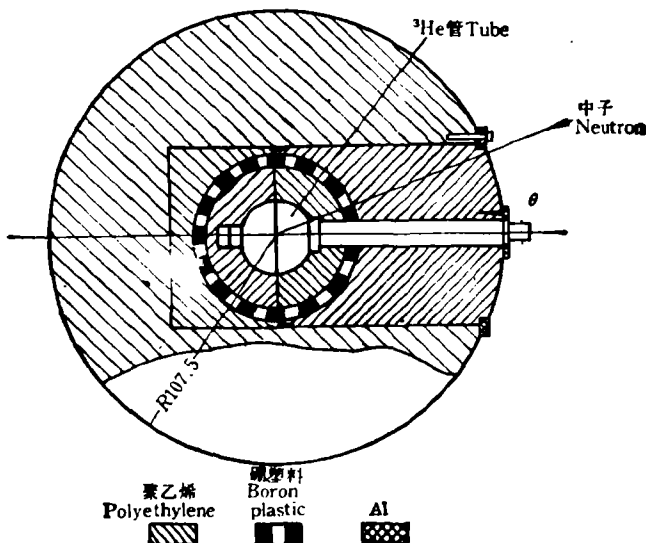


图1 Leake 计数器结构

Fig. 1 The structure of Leake counter

统计涨落($< 2\%$)。实验结果由表 1 给出。

由表 1 看出, 各种孔面比情况下的 Leake 计数器的角响应呈各向同性。而 Leake 型中子剂量当量率仪由 Leake 计数器和外围仪表(电子学线路)组成, 外围仪表的配置破坏了 Leake 型中子剂量当量率仪的几何球对称性(仪表附着在球形探测器上), 故剂量当量率仪的方向性是由外围仪表的配制所造成的。

表1 Leake 计数器的方向性
Table 1 The directionality of Leake counter

角 度 Angle	孔面积 Holes area					
	1 %	(B 层)	29%	(D 层)	49%	(F 层)
0°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
90°	1.03	1.02	1.00	1.02	1.01	1.00
180°	1.02	1.05	1.00	1.03	1.01	1.01
方向性系数 Directionality	1.02	1.03	1.00	1.01	1.00	1.00
计数率(0°角)(cps/ μ Svh ⁻¹) Count rate	0.315	0.362	0.411	0.439	0.477	0.514

四、径向微分响应

采用反应堆热柱^[2]、过滤束中子源^[3](能量分别为 0.0253eV, 24.4keV 和 144keV)测量以上几种吸收体条件下 Leake 计数器的径向微分响应。实验安排如图 2 所示。中子经准直孔射入 Leake 计数器, 在准直器与 Leake 计数器的距离不变的条件下对 Leake 计数器作径向扫描, 获得不同的径向距离 P 的响应值。

准直器得到的中子束直径 $\sim 1.0\text{cm}$ 。作计数率死时间修正和甄别阈下计数率损失修正, 并扣除本底。用 BF₃ 计数器系统监测反应

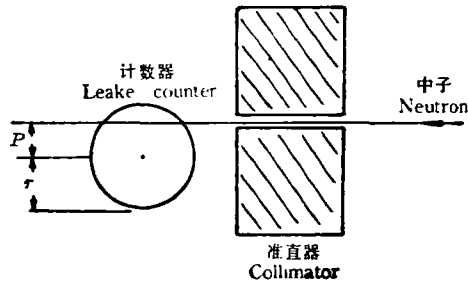


图 2 径向微分响应的实验安排
Fig. 2 The measurement arrangement of collimated beam response

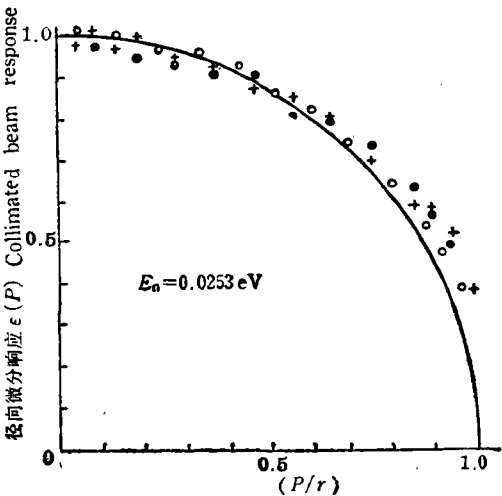


图 3 Leake 计数器的径向微分响应
Fig. 3 The collimated beam response of the leake counter

堆功率涨落而引起的中子通量波动。由于是相对测量, 实验误差主要来自统计涨落($< 4\%$)。实验结果由图 3、4 (图中符号: + 表示 F 吸收层响应值; ○ 表示 B 吸收层响应值; ● 表示 O 吸收层响应值)给出。

由图 3、4 可以看出, 1) 在热能至 144keV 的中子能区内, Leake 计数器的径向微分响

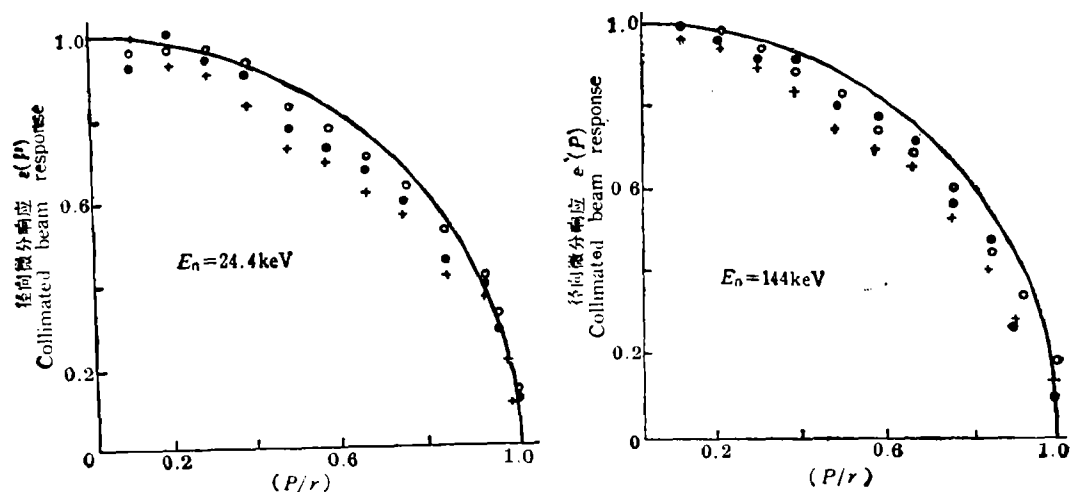


图 4 Leake 计数器的径向微分响应

Fig. 4 The collimated beam response of the Leake counter

应 $\varepsilon(P)$ 的实验结果可用下列公式拟合： $\varepsilon(P) = \sqrt{1 - (P/r)^2}$ (r 为 Leake 计数器半径， P 为径向距离)。Leake 计数器的径向微分响应与吸收层结构无关。2) 随着中子能量的增大，径向微分响应的实验值略低于函数 $\varepsilon(P) = \sqrt{1 - (P/r)^2}$ ，这是由于准直器的准直效果随中子能量的增加而变坏，中子束宽加大，故造成较大的误差所致。

五、结 论

从本文的工作可以看出，Leake 计数器的角响应呈各向同性，径向微分响应可以用公式拟合，并且它的几何响应与其吸收层结构基本无关。

林斐雯同志为本工作研制了 ^3He 正比管，谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] 陈常茂等，辐射防护，6(1986) 5: 344.
- [2] 陈常茂等，原子核物理，9(1987)，360.
- [3] C. A. Perks, Rad. Pro. Dos., 15(1986), 31.

Study on geometrical response of Leake counters

Tan Min

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

Chen Changmao Wang Zheng Wen Youqin

(Institute of Atomic Energy, China)

Abstract

Leake counters are commonly used in neutron dose-equivalent rate measurement. In this paper, the directionality and collimated beam response of Leake counters are described. The experimental results show that there is no directional dependence for Leake counters, and that Leake counters with different absorbers have similar collimated beam response, which can be expressed by the formula $\varepsilon(P) = \sqrt{1 - (P/r)^2}$.

Keywords: Leake counter

Directionality

Collimated beam response

(1989年4月10日收到)