

同志提出了宝贵的意见，在此向他们表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 周守荣等, 原子能科学技术, 3, 321(1979).
 [2] J. Tanguy, CEA-R-3442(1968).

重吸收铀棒内的中子温度与超热谱指数测定

李兆桓 刘裕发 高集金 王永清 陈克之 侯凤旺 高永春

设凸体在各向同性中子场内，中子在凸体中的平均路径为四倍凸体体积除以表面积。对无限长圆柱体，平均路径即为圆柱体的直径。在加浓度为 2.2% 的金属铀棒内，2200 米/秒中子吸收碰撞的自由程 $\lambda_a = 1.186$ 厘米。将直径为 3.4 厘米、加浓度为 2.2% 的金属铀棒插入中子慢化相当充分的反应堆活性区中，对这种堆芯的热中子来说，铀棒直径几乎三倍于中子吸收自由程，这是一个重吸收体。堆芯的热中子打入铀，能量较低的那部分中子被铀棒外层强烈地吸收，使铀棒中心区的中子能谱有较大的硬化，从而中子温度有较大的提高。我们用活化箔技术测量了这种铀棒横断面上中子温度与超热中子谱指数的径向分布。

为了测量方便，将铀棒切成两段，横断面用 0.2 毫米的紫铜箔胶合密封，防止在堆内照射过程中裂变气体逸出和裂变碎片打在活化探测箔上，使箔沾污。根据裂变碎片在 U_2O_3 中的最大射程为 7.74 毫克/厘米² 换算，0.2 毫米紫铜箔足够阻止所有的裂变碎片。活化探测片放在厚 0.4 毫米的紫铜箔定位片的 $\phi 4$ 毫米孔中。所有活化探测箔的直径均为 4 毫米。为了防止可能的裂变气体沾污探测片，定位片上下均用小于 0.05 毫米的铝箔胶封。整个探测箔的安放情况如图 1。测点的分布情况如图 2。

中子温度测量用 Lu-Mn-Al 合金箔。利用堆热柱单向中子场作参考谱，作相对活性

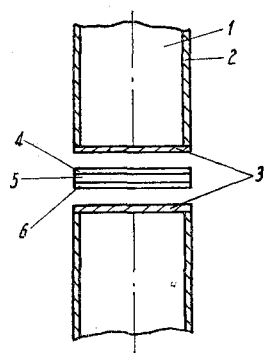


图 1 活化箔在铀块内的安装情况

1—金属铀；2—铝包壳；3—紫铜箔；4—铝箔；5—紫铜箔定位片；6—铝箔。

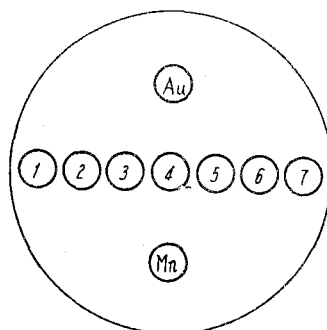


图 2 中子温度测点布置，及 Au-Mn 双箔系统测点布置

测定，确定中子温度。¹⁷⁷Lu 与 Mn 的相对活性比 R_i 为：

$$R_i = \frac{\left(\frac{A^{Lu-177}}{A^{Mn}}\right)_i}{\left(\frac{A^{Lu-177}}{A^{Mn}}\right)_{ref}} = \frac{\left\{ \frac{g^{Lu-176} G_{th}^{Lu-Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Lu-176} G_{res}^{Lu-176}}{g^{Mn} G_{th}^{Lu-Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Mn} G_{res}^{Mn}} \right\}_i}{\left\{ \frac{g^{Lu-176} G_{th}^{Lu-Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Lu-176} G_{res}^{Lu-176}}{g^{Mn} G_{th}^{Lu-Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Mn} G_{res}^{Mn}} \right\}_{ref}} \quad (1)$$

其中， G 为自屏因子； r 为超热中子谱指数； S_0 为超热中子修正因子，下标 i 表示各测点，括号内均为测点的相应值；下标 ref 表示热柱参考点，括号内均为参考点的相应值；下标 th 表示热中子；下标 res 表示共振中子；角标元素符号表示所属量。由(1)式可以看出，相对活性比 R 不仅是中子温度的函数，同时亦为超热中子谱指数的函数，前面分析中已指出，在这种重吸收的铀块内，各点的超热指数是不同的。我们先在铀块断面所选择的测点位置上布置了 Au 和 Mn 探测箔(见图 2)，用 Au-Mn 双箔法技术测出超热中子谱指数，然后，在断面上的所有测点位置测出其 ¹⁶⁵Dy 活性的相对分布。¹⁶⁵Dy 活性与 Mn 活性相对

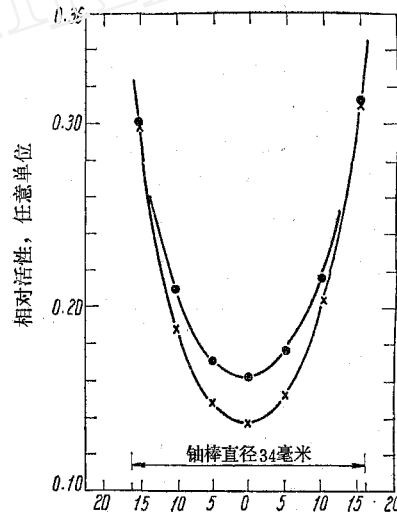


图 3 圆柱形金属铀(2.2% 加浓度)棒内 Mn, ¹⁶⁵Dy 活性对半径的分布
 ●——Mn 活性;
 ×——¹⁶⁵Dy 活性。

分布如图 3。将 2、6 位置直接测得的 $r \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 与中子温度作参考点，由测得各点的镅锰活性比

$$R'_i = \frac{\left(\frac{A^{Dy-165}}{A^{Mn}}\right)_i}{\left(\frac{A^{Dy-165}}{A^{Mn}}\right)_{ref}} = \frac{\left\{ \frac{g^{Dy-164} (T_n) G_{th}^{Dy} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Dy-164} G_{res}^{Dy-164}}{g^{Mn} G_{th}^{Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Mn} G_{res}^{Mn}} \right\}_i}{\left\{ \frac{g^{Dy-164} (T_n) G_{th}^{Dy} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Dy-164} G_{res}^{Dy-164}}{g^{Mn} G_{th}^{Mn} + r \sqrt{\frac{T}{T_0}} S_0^{Mn} G_{res}^{Mn}} \right\}_{ref}} \quad (2)$$

可以求出其余各测点的 $r \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 值。在(2)式中，¹⁶⁴Dy 的热中子非 $\frac{1}{v}$ 规律修正因子 g^{Dy-164}

对中子温度有较强的依赖关系。故这里要用迭代处理方式。即首先认为各测点的 $r \sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 都是 Au-Mn 直接测得的值，由(1)式求出各测点的中子温度，作为(2)式中求 $g_i^{Dy-164} (T_n)$

参数的初级近似值；然后将(2)式求出的 $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 值，代入(1)式再求出中子温度；如此反复，直至求出的值接近原来代入的值。

这里 ^{176}Lu 的参数取自文献[1]， $g^{\text{Dy-164}}$ 的值取自文献[2]， ^{164}Dy 的 S_0 值取共振积分 $I_r=377$ 靶计算得。一次迭代处理得的结果如表 1。

表 1 各测点的中子温度与 $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 值

测点位置	R 测 值	$r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$	$T_n, ^\circ\text{K}$
1	1.037 ± 0.005	0.086	299 ± 3
2	1.085 ± 0.019	$0.226 \pm 0.032^*$	359 ± 19
3	1.110 ± 0.012	0.373	515 ± 12
4	1.154 ± 0.013	0.419	582 ± 16
5	1.130 ± 0.013		529 ± 13
6	1.080 ± 0.010		354 ± 11
7	1.039 ± 0.007		301 ± 4

* 本列中此点为 Au-Mn 双箔技术直接测量值，其余为计算值。

测得的中子温度分布如图 4， $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 分布如图 5。

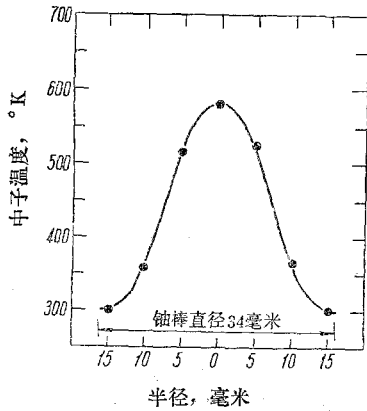


图 4 金属铀块内中子温度分布

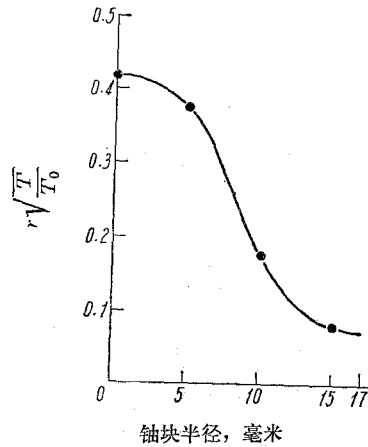


图 5 金属铀块内 $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 分布

铀棒中心最高中子温度为 $582 \pm 16^\circ\text{K}$ ，该点的 $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 值为 0.419。

若用面积权重平均，即

$$\bar{y} = \frac{\sum_i S_i y_i}{\sum_i S_i} \quad (3)$$

式中 S_i 为 i 测点所代表的环形面积。得平均中子温度为 364°K ，平均 $r\sqrt{\frac{T}{T_0}}$ 为 0.192。

参 考 文 献

- [1] C. H. Westcott, AECL 1101(1960).
- [2] Reactor Physics Constants, ANL-5800(1958).