

中子照相的质量标准和质量指示器

清华大学核能技术研究所中子照相组

关键词 中子照相, 照片质量标准, 照片质量指示器。

一、引言

在中子照相的发展过程中,关于照片质量的标准问题一直是一个十分重要的研究课题。为比较照相设备的优劣,获得最佳成象条件,控制照片质量,对照片进行分析和签订商业性协议等都需要照片质量标准及指示器。世界各中子照相中心一直在研究和建立各自的照片质量标准和照片质量指示器,即 IQI(Image Quality Indicator)。

当前世界上还没有统一的中子照相质量标准和统一的“IQI”,但从各中子照相中心所采用的“IQI”来分析,大体上可以分为以下三类:

- (1) 专门用来比较中子照相设备的“IQI”。
- (2) 作为物体中子照相质量的标准参考物而使用的“IQI”。
- (3) 用来对物体的局部进行控制和检验的特殊应用的“IQI”。

二、设计“IQI”的技术要求

除对不同中子照相设备进行比较的“IQI”之外,一般的“IQI”是作为标准参考物与物体同时成象的。因此它必须小巧灵活、经济便宜并能多次重复使用和便于直接观察给出定量结果。此外,它还必须对影响中子成象质量的所有因素要灵敏,而且复盖的灵敏区域应尽可能地宽,也就是“IQI”的图象应尽可能地反映出以下参数的变化:

- (1) 底片的质量、转换屏的质量及性能和底片与转换屏的接触情况,即系统的本征分辨率。
- (2) 中子束的特性:中子能谱、中子束的准直程度,中子与 γ 射线比。
- (3) 照相设备的空间几何分辨率。
- (4) 因中子束受到物体散射、吸收及空间几何效应而产生的对于分辨率的综合影响。

三、“IQI”的设计及其具体应用

根据我们自己的条件和工作要求,我们设计了一套自己的“IQI”,它由三种指示器组成。

(1) 中子束成份指示器。中子束成份指示器被用来检查中子束的特性。它比核物理中所用的中子能谱、隔比、准直器的准直比以及中子与 γ 射线的强度比等物理参数更为直观。

图 1 是中子束成份指示器的结构图。它由氮化硼做成。 D_1 加了一个 1 mm 厚的氮化硼过滤器。过滤器将热中子滤掉。 D_2 是一个台阶孔。 D_3 加了一个由 1 mm 氮化硼和 2 mm 铅组成的过滤器。过滤器滤掉热中子和低能 γ 射线。各孔在照片上的黑度分别为 D_1 , D_2 和

D_3 , 指示器中心和外面的黑度分别为 D_4 和 D_5 。因此, 各点的黑度成分如下:

$D_1 = \text{快中子} + \text{超热中子} + \text{低能 } \gamma \text{ 射线};$

$D_2 = \text{热中子} + \text{快中子} + \text{超热中子} + \text{低能 } \gamma \text{ 射线};$

$D_3 = \text{快中子} + \text{超热中子};$

$D_4 = \text{快中子} + \text{低能 } \gamma \text{ 射线}$

因此, $D_5 = \text{热中子} + \text{快中子} + \text{超热中子} + \text{低能 } \gamma \text{ 射线} + \text{散射中子}。$

热中子对照片黑度的贡献为: $(D_2 - D_1) / D_5,$

超热中子对照片黑度的贡献为: $(D_1 - D_4) / D_5,$

散射中子对照片黑度的贡献为: $(D_5 - D_2) / D_5,$

低能 γ 射线对照片黑度的贡献为: $(D_1 - D_3) / D_5。$

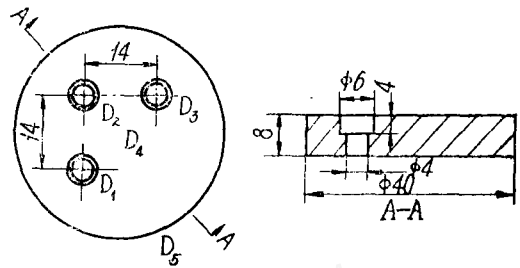


图 1 中子束成份指示器

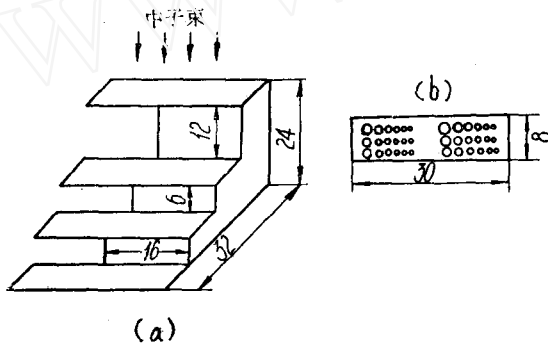


图 2 物体成象质量指示器

用中子束纯度指示器和铟、硫化钆转换屏分别测量了清华大学屏蔽实验反应堆水平 4 号孔道的中子束的成分, 如表 1。

两组数据的差别是由于不同的转换屏对不同能量中子的灵敏度不同而造成的。

(2) 物体成象质量指示器。它是作为物体成象质量标准参考物而使用的, 通常放在样品旁边和样品同时成象。这样就可以给出样品的成象质量, 便于贮存和比较, 从而选出最佳成象条件。图 2 是这种

表 1 铟和硫化钆屏测量结果(相对黑度)

成分 \ 转换屏	铟	硫化钆*
热中子	0.80	0.90
超热中子	0.15	0.05
散射中子	0.05	0.05
快中子	—	—
低能 γ 射线	—	0.05

* 因大于 3 和 8 时进为 5 和 10, 所以总和为 1.05。

指示器的结构图, 它共分四个台阶, 每个台阶上放置 0.5 mm 厚的镅片, 其上钻有两组孔, 每组三排, 如图 2 (b) 所示。第一排孔的直径为 1 mm, 其边缘距离为 1.0, 0.5, 0.25, 0.15 和 0.08 mm。第二排孔的直径为 0.6 mm, 其边缘距离为 1.0, 0.5, 0.25, 0.15 和 0.08 mm。第三排孔的直径为 2.0, 1.0, 0.6, 0.4, 0.3 和 0.15 mm, 孔的边缘距离为 1 mm。

第一个台阶为 0.2 mm 厚的铝箔, 第二、第三和第四个台阶由作为中子散射体的不同厚度的铁组成。放在台阶上的镅片有一组孔在台阶之上; 另一组孔在台阶之外, 如图 2

(a)所示, 该部分的照片反映了系统在距转换屏不同距离处的空间几何分辨率。这个分辨率与中子束的准直程度有关。台阶部分的照片反映了中子束受到不同厚度铁的散射、吸收及空间几何效应对分辨率的综合影响。

(3) 特殊用途的“IQI”。这种指示器是根据具体的任务专门设计和制造的, 它应能定量地给出对受检样品用中子照相检查内部缺陷的灵敏度, 帮助对照片进行分析, 判别缺陷的真伪, 起测试卡的作用。因此制造这种指示器的材料必须和受检样品的材料一致。

图 3 是一个用有机玻璃制成的专用指示器, 用于检查含氢物质的缺陷, 如缩孔、裂纹

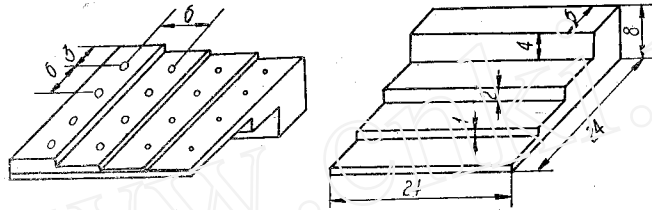


图 3 特殊用途的指示器

等。指示器由两部分组成, 每部分有 4 个台阶。在薄的部分上钻有 16 个孔, 孔径等于台阶的厚度即: 1.2, 0.6, 0.3 和 0.15 mm。使用时将两部分叠加起来(台阶相互垂直), 从而在每个孔径下经受四个不同厚度的吸收体, 整个指示器形成 16 个等级。

图 4 给出三种指示器的中子照片。

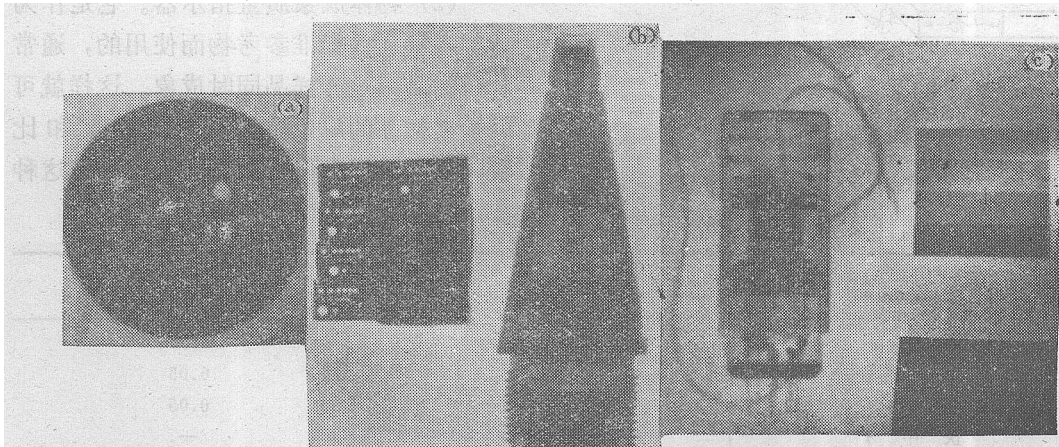


图 4 指示器的中子照片

(a) 中子束成份指示器; (b) 物体成象质量指示器; (c) 特殊用途的指示器。

四、小 结

我们所制造的这套指示器基本上可以满足我们的工作要求, 可以作为直观标准使用。其结果与用 MTF 方法测量中子照相系统分辨率的结果相一致。这种用指示器来检查照片质量, 提供分析照片的依据的方法, 不只在中子照相中可以使用, 而且在 X 射线照相中也有应用价值。

参 考 文 献

- [1] J. P. Barton & M. F. Klozar, *Mater. Eval.*, 31 (9), 169 (1973).
 [2] J. P. Barton, *J. Mater.*, 7(1), 18 (1972).
 [3] J. P. Barton, Development of Neutron Radiography Applications in USA, Radiography with Neutron Conference (1973), British Nuclear Energy Society, London, 1975, p. 157.
 [4] 清华大学核能技术研究所中子照相组, 测量中子照相系统分辨率的 MTF 方法及其计算机程序, 内部资料, 1981 年.

(编辑部收到日期: 1982年3月15日)

射气闪烁法测定煤中镭-226

焉文社 吴锦海 王雅珍 周天豹 任礼华 裴永法

关键词 射气法, 煤, 除尘灰中镭。

一、序 言

用射气闪烁法测定镭-226 是目前较为准确和灵敏的方法之一。在自然界存在四种镭的同位素镭-223、镭-224、镭-228、镭-226。镭-226 是镭的主要放射性同位素。本方法是通过测定镭-226 的子体氡-222 α 粒子对闪烁室壁上的 ZnS 激发闪光在光电倍增管上形成电压脉冲, 定标器记录算出镭-226 含量。

天然煤中也含有镭的放射性同位素, 在燃烧过程中对环境污染有一定的影响。本方法根据煤的特性进行研究, 并拟订了煤中镭-226 的测定方法。

二、原 理

根据镭-226 衰变系 $^{226}\text{Ra} \xrightarrow{\alpha} ^{222}\text{Rn} \xrightarrow{\alpha} ^{218}\text{Po} \dots$, 测定煤中镭-226 是通过测定氡-222 并和已知量的液体源进行比较。首先用放射化学方法将煤中镭定量地溶解到一定体积里, 然后进行封闭, 积累的氡全部转入闪烁室, 通过测定样品中氡-222 算出镭-226 的含量。

三、主要的试剂和仪器

仪器 FH-408 自动定标器; FD-125 室内氡钍分析器。

试剂 过氧化钠 C.P.; 氢氧化钠 C.P.; 无水碳酸钠 C.P.; 氯化钡 A.R.; 盐酸 A.R.。

四、样品预处理

1. 灼烧 准确称取 1 克煤样品于 30 毫升铁坩锅内, 置于 550°C 的马弗炉灼烧 20 分钟。
2. 熔矿 用上述灼烧好的样品加入 5 克过氧化钠, 1 克无水碳酸钠, 0.5 克氯化钡与煤混合均匀, 在 500°C 的马弗炉内灼烧 5—10 分钟 (温度太高, 时间太长, 不利于浸取; 温度太低, 时间太短, 样品熔融不完全), 呈红色的透明流体状取出。
3. 提取 将坩锅外壁用冷水浸洗一下, 再倒在 500 毫升烧杯中, 用 200 毫升温水提