

石英前剂量效应影响因素的研究

苑淑渝 戴光复 孙 凯 张良安

(中国医学科学院放射医学研究所, 天津 300192)

随着科学技术的发展, 前剂量技术已成功地应用在考古和日本原爆的剂量估算监测中, 前苏联的切尔诺贝利核事故的剂量估算也采用了前剂量方法测量事故现场的砖、瓦和建筑材料的受照剂量。这种方法在事故剂量重建和估算中有非常重要的价值。为此我们也开展了这项研究。

石英材料能有效的储存辐射剂量 (pre-dose)。在任何一储存期内, 只要将受过剂量照射的石英, 经适当温度的激活处理。用¹³⁷Cs 源照射一定的实验剂量 (test dose) 后, 再用热释光测定仪测量其 110℃ 热释光 (TL) 响应, 这时的 TL 响应是加实验剂量照射前的数倍, 而且随前剂量的增加而增加, 这就是前剂量效应。有关前剂量效应的线性范围激活温度和自然衰退等问题在“石英前剂量热释光剂量学研究”一文中已进行了详细的描述, 下面将主要叙述石英前剂量效应的饱和特性, 不同石英粒度、不同实验剂量和激活次数对前剂量效应的影响。

1 不同石英粒度对前剂量效应的影响

选用国产化学纯石英砂, 碾碎过筛用蒸馏水清洗, 烘干后选用 100~120 目, 120~140 目, 140~160 目, 140~250 目和 300 目以下五种不同粒度的石英粉末, 分别按不同粒度装入五个陶瓷坩锅内, 均作为平行样放入马福炉中进行 900℃ 1 小时高温退火处理 (以下简称初始退火处理), 又将此平行样用¹³⁷Cs 源照射, 其照射量为 $216.7 \times 10^4 \text{C/kg}$, 这时不同粒度的粉末均储存了已知 $216.7 \times 10^4 \text{C/kg}$ 的前剂量信息, 再进行 400℃ 半小时平行样激活退火处理 (以下简称激活退火处理), 照射 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 实验剂量后, 立即测量不同粒度石英的前剂量效

应, 从表 1 的结果分析, 石英粒度越大, 灵敏度越高, 粒度越小灵敏度较低。但当粒度太大和太小时相对偏差也大, 因而在石英前剂量方法的研究中最好选用 140~250 目的石英粉末。

表 1 不同石英粒度对 TL 响应的影响

石英粒度 (目)	前剂量效应 (110℃ TL 响应)	相对标准差 (%)
100~200	7586	±9.8
120~140	6028	±8.6
140~160	5360	±5.6
140~250	5322	±6.7
300 以下	733	±19

2 激活次数对石英前剂量效应的影响

石英前剂量效应的目的是进行事故剂量或辐射流行病学研究中的剂量重建。由于石英的 110℃ 热释光响应, 在常温条件下几个小时后很快被衰退掉, 为了使受照石英的 110℃ TL 响应再现, 可通过激活退火, 再照射一个合适的实验剂量后, 就能使已衰退了的 110℃ TL 响应再现, 而且是原来的数倍。这种再现的 TL 响应的大小除了正比于前剂量的大小外, 还与激活温度、激活时间和激活次数有关。

单次激活, 多次照射实验剂量 ($16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$):

经初始退火处理后的石英粉末, 用¹³⁷Cs 源照射 $54.2 \times 10^4 \text{C/kg}$ 已知前剂量, 让其自然衰退 44 小时后, 再进行激活退火处理, 用¹³⁷Cs 源照射 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 实验剂量, 立即测量其 110℃ TL 响应。将测量过的石英粉末回收后再第二次、第三次照实验剂量, 而且每次照射后应立即测量其 110℃ TL 响应, 其实验结果列在表 2 中。

多次激活、多次照射实验剂量 ($16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$):

经初始退火处理后的石英粉末, 用¹³⁷Cs

源照射 $54.2 \times 10^4 \text{C/kg}$ 已知前剂量, 让其自然衰退 44 小时后, 再进行激活退火处理, 用 ^{137}Cs 源照射 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 的实验剂量, 立即测量其 110°C TL 响应。再将测量过的粉末, 进行第二次、第三次回收并激活退火处理, 分别照射 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 实验剂量, 每次照实验剂量后应立即测量 110°C TL 响应, 其结果也列在表 2 中。由表 2 的结果表明, 单次激活、多次照射实验剂量对前剂量效应的 TL 响应基本不损失, 也就是说当石英粉末一旦记录了一个前剂量信息, 经一段时间自然衰退后, 只需一次激活退火便可以反复测量前剂量效应的 TL 响应, 从而可以增加估算前剂量的可靠性。多次激活, 多次照射实验剂量, 同样对前剂量信息基本不损失, 但每激活一次在原前剂量的基础上叠加了一次的实验剂量, 因此我们可以将叠加上的实验剂量作为未知前剂量的“自身”刻度剂量。

表 2 激活和实验剂量次数对 TL 响应的影响

激活退火 次 数	照射实验剂量次数		
	一	二	三
1	1665	1592	1546
2	1665	2229	
3	1665	2229	2764

3 紫外线对石英前剂量效应的影响

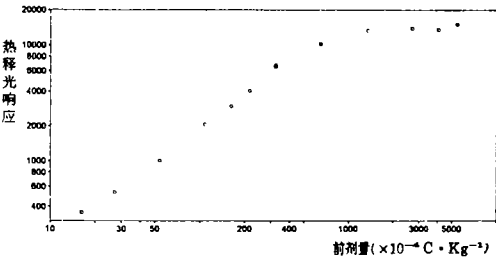
在研究紫外线 (UV) 对前剂量效应的影响中, 分别选择了前剂量效应的线性区和饱和区照射不同时间的紫外线 (UV), 在这两类实验中, 首先将初始退火处理后的石英粉末, 等量分成 4 份样品, 其中 1# 样只照射 UV, 2# 样先照紫外线后照已知前剂量, 3# 样只照已知前剂量; 4# 样先照已知前剂量后照紫外线。将 1# 和 2# 样作平行样放置距光源 2cm 处, 用不加任何过滤的 250nm UV 照射 (线性区照射 3 分钟, 饱和区照射 5 分钟), 将 2#, 3#, 4# 样品平行用 ^{137}Cs 源照射已知前剂量 (线性区照 $1.625 \times 10^2 \text{C/kg}$, 饱和区照 $12.9 \times 10^2 \text{C/kg}$) 后, 又将线性区 4# 样照射 3 分钟 UV, 饱和区 4# 样照射 5 分钟 UV。最后将各样品同时激活退火, 照射 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 实验剂量, 再测各样品的 TL 响应, 结果列在表 3 中。

实验结果表明, 只照射了 UV (1#) 的

TL 响应的大小与 UV 照射的时间有关, 照射 UV 时间越长 TL 响应越高。在饱和区 2# 样和 4# 样的 TL 响应都恢复到没有受 UV 照射的 3# 样基本一致。而在线性区 2# 和 4# 样的 TL 响应都高于没有受 UV 照射的 3# 样。显然, 这时 2# 和 4# 样的 TL 响应是前剂量和 UV 共同作用产生的结果。这一现象提示我们在石英前剂量方法的研究中, 前剂量在线性区的受照石英应尽量避免样品直接受紫外线照射, 否则会造成附加剂量误差, 使剂量估算偏高。

表 3 UV 对石英 TL 响应的影响

实验编号	线 性 区	饱 和 区
1	2310	5748
2	4469	10477
3	2953	11944
4	4344	11789



附图: 石英前剂量效应曲线

4 石英的前剂量效应特性的饱和性

在前剂量方法的研究中, 除了关心材料是否具有前剂量效应特性外, 更重要的是这种效应特性的线性范围, 它对事故受照剂量的估算和“自身”剂量刻度有着重要意义。我们选用 140~250 目粒度的化学纯国产石英, 经初始退火处理后, 预先照射已知不同的前剂量 $16.3 \sim 5418 \times 10^4 \text{C/kg}$ 后, 经激活处理, 再照 $16.3 \times 10^4 \text{C/kg}$ 实验剂量立即测量石英的 110°C TL 响应。由附图结果表明石英的前剂量效应的线性范围在 $16.3 \sim 325 \times 10^4 \text{C/kg}$ 之间而 $325 \sim 5418 \times 10^4 \text{C/kg}$ 之间明显趋于饱和。这一现象在“石英前剂量热释光剂量学研究”一文中已进行了详细论述。为了改变石英前剂量效应在 $325 \sim 5418 \times 10^4 \text{C/kg}$ 之间的饱和性, 扩大其线性范围。初始退火处理和激活处理都不变, 只改变实验剂量, 观察不同实验剂量对线性范围及饱和

区间的影响。从表 4 不同实验剂量、不同前剂量热释光相对灵敏度响应的结果分析, 当实验剂量从 $16.3 \times 10^{-4} \text{C/kg}$ 变化到 $271 \times$

10^{-4}C/kg 时前剂量效应饱和趋势不变, 因而线性范围也得不到改善。

表 4 不同实验剂量、不同前剂量热释光相对灵敏度响应

实验剂量 $\times 10^{-4} \text{C/kg}$	已知前剂量 ($\times 10^{-4} \text{C/kg}$)									
	54	108	163	217	325	645	1290	2580	3870	5418
16.3	0.92	0.95	0.90	0.95	1.00	0.79	0.52	0.27	0.18	0.15
27.1	0.86	0.87	0.87	1.02	1.00	0.80	0.60	0.31	0.19	0.17
271.0	1.08	1.06	0.96	0.84	1.00	0.83	0.51	0.33	0.20	0.17

5 讨 论

前剂量方法是回顾剂量学, 特别是事故剂量估算中一种较直接、较准确的方法之一。我们对化学纯国产石英的前剂量方法进行了详细的探索和研究, 特别是对石英前剂量效应特性的线性范围。110℃ TL 响应的自然衰退、激活温度、激活时间、冷却速度等问题作了大量实验^[1]。由于实验条件限制和材料本身的固有性能问题, 实验组与实验组之间重复性较差, 其 TL 响应分散性较大, 但单次实验组的 TL 响应分散性一般在 10% 以内,

因此在实际应用中, 刻度石英未知前剂量时最好采用“自身”剂量刻度法来刻度未知前剂量。另外, 紫外线对石英前剂量效应的线性区间和饱和区的影响存在差异, 有待于从石英粉末 110℃ 热释光的发光机理上进一步研究和探索。

参 考 文 献

- 1 戴光复, 等. 石英前剂量热释光剂量方法研究. 中国辐射卫生, 1996, 5 (1): 50
(1995 年 10 月 16 日收稿)

唐山市一起⁶⁰Co 放射源丢失事故分析

刘 佳 王希柱

(唐山市职业病防治院, 唐山市 063000)

我市某公司化肥厂因技术改造的需要, 于 1993 年将 6 个液位计用⁶⁰Co 放射源存入库房。由于管理混乱, 造成其中一个放射源丢失事故, 致使 10 人先后受到意外照射, 结果造成不应有的经济损失, 带来很大的社会影响。为总结经验、吸取教训、改进工作, 将此次事故的经过及其成因作以介绍和分析。

1 事故发生的经过

1993 年 5 月 20 日, 该化肥厂将从液位计上拆除下的 6 个⁶⁰Co 放射源存入库房。6 月 7 日, 该厂因扩建厂房, 拟将库房拆迁。在清理库房物品中, 搬运工不听劝阻, 擅自拆卸其中一个铅罐, 将放射源丢失。6 月 8 日将铅罐及其它废品一同卖给废品站。6 月 12 日上午, 玉田县卫生、公安等部门联合放射防护工作, 发现存源库房门外照射量率高达 $11.5 \times 10^{-6} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ (44.6mR/h), 他们立即采取监控措施, 并会同市放射卫生监督监测、公安等部门进行调查处理, 确认这是一起放射源丢失事故。该放射源活度为 $3.7 \times 10^4 \text{Bq}$ 。

2 事故处理经过

事故发生后, 立即对现场进行了监控, 同时对 10 名意外受照者进行了医学体检和观察, 均未见明显的临床症状和体征, 血象、染色体和淋巴细胞微核的指标均未见异常。6 月 14 日, 市事故处理领导小组将铅罐追缴回来, 并于当日下午在库房内找到了丢失的放射源, 将其存入铅罐中密封。

3 事故原因分析

这一事故主要是由管理不善造成的, 主要原因是:

- 3.1 该单位领导的辐射防护安全观念淡薄, 没有严格执行辐射防护安全管理规定。
- 3.2 库房管理人员责任心不强, 严重失职, 缺乏对辐射安全的认识, 放射源无专人保管。
- 3.3 放射源未存入专用库房, 而且违章与其它物品混放。
- 3.4 在清源过程中, 没有专人进行有效的监督监测和检查。

(1996 年 6 月 3 日收稿)