

- Geology Setting, William Bay (Sept, 1953)  
NAS-NSF Publ 52: 1954.
9. Baxter M S, et al, Proc Roy Soc, Ser, A 318: 213~230, 1970.
  10. Power reactors in member state, IAEA, STL/PUB/423, 1975.
  11. Light E S, et al, J Geophys Res 78(16): 2741, 1973.
  12. Pauling L, Science 128(3333): 1183, 1958.
  13. Carter M W, Health Phys 36(3): 432, 1979.
  14. Killough G G, et al, ERDA Report ORNL/TM-5284, NTIS, 1976.
  15. Telegadas K, HASL-243, NTIS, 1971.
  16. Killough G G, ERDA Report ORNL-5269 NTIS, 1977.
  17. Ionizing Radiation, Levels and Effects Vol I, Level, United Nations, 95, 1972.
  18. Killough G G, et al, Health Phys 34(2): 141, 1978.
  19. Sziard and Chalmers T A, Nature 134: 462, 1934.
  20. Totter J R, et al, Science 128: 1490, 1958.
  21. Hagemann F T, et al, HASL-166 January 1, 1966.
  22. Tamers M A, et al, Geochem Cosmochem Acta 24: 266, 1961.
  23. Polach H A, Inter J Appl Rad Isotopes 18: 359, 1967.
  24. Drobinski J C, et al, Health Phys 11(5): 385, 1965.
  25. NCRP Report No, 45: 126, 1975.

## 近年来 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 和 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 热释光磷光体特性研究与应用

山东省医学科学研究所  
军事医学科学院

苏协铭综述  
史元明审

热释光剂量测量是近年来国外发展比较迅速的一种核辐射剂量测量方法,在辐射防护、放射医学等方面已广泛得到应用。在热释光材料中, $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 和 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 磷光体具有灵敏度高、衰退少、稳定、可多次使用,并适于一般实验室制备等特点,但其缺点是能量响应差。自1968年Yamashita等<sup>[1]</sup>对此报道以来,引起广泛重视。

### 一、制备过程

目前,磷光体的制备都采用Yamashita等<sup>[1]</sup>介绍的方法进行。磷光体的发光峰形、灵敏度等受制备中所加入激活剂(Dy或Tm)的浓度和外来离子(杂质)等因素的影响。因此,不同文献报道的结果有所差异。Schmidt<sup>[2]</sup>指出激活剂Dy含量在0.1~0.3克分子%范围内是灵敏度最宜浓度,但衰退少和在读数器中

退火灵敏度高的Dy含量为0.07~0.1克分子%。Prockic<sup>[3]</sup>报道的Dy和Tm最适浓度与Schmidt的结果相似,为0.2克分子%,见图1。当Dy含量从0.239克分子%增加到1.5克分子%时,其剂量测量峰(主发光峰)就由220℃逐迁到175℃,且灵敏度逐渐下降,但低温峰

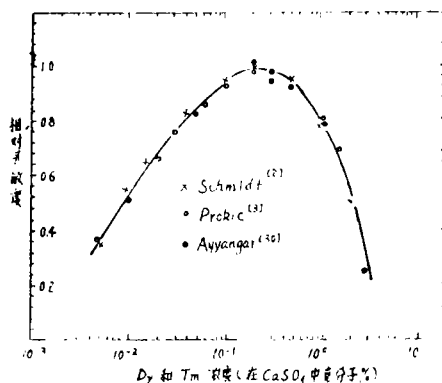


图1 以Dy和Tm含量为函数的 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ( $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ )的相对灵敏度<sup>[3]</sup>

逐渐增高,此为“浓度熄灭效应”的缘故<sup>[3]</sup>。

另外,不同杂质的掺入也可产生不同的影响<sup>[2]</sup>。如Mg、Sr、Ba元素对发光曲线和峰高均无显著影响,而Na、K、Li元素则随其含量的增加,主发光峰向低温峰处移动;重金属Cu、Ni、CO、Cr和Fe对磷光体的影响产生“衰减”效应;元素Pb、Mn和Ag则随其含量的增加,均出现不同的畸形峰。但上述各元素间无协同激活作用。Prokic的研究结果<sup>[3]</sup>与其相似,并指出在CaSO<sub>4</sub>:Dy中Na、K、Li总量小于150ppm时,可测0.1mrad,且有良好的精确度和稳定性。因此,要得到灵敏度高、衰退少、且能完全退火的磷光体,必须用高纯度的原材料制备<sup>[2,3]</sup>。

## 二、影响性能的几个因素

CaSO<sub>4</sub>:Dy和CaSO<sub>4</sub>:Tm热释光磷光体最小可测0.2mR,其剂量线性分别为 $3 \times 10^3$ R和 $3 \times 10^2$ R以内<sup>[1]</sup>。它们的特性除上述制备过程影响外,还受下列因素的影响。

(1)敏化对磷光体灵敏度的影响:磷光体经大剂量的 $\gamma$ 射线照射,可提高其灵敏度和扩大剂量响应的线性范围<sup>[4]</sup>。但敏化因素(敏化灵敏度S与未敏化灵敏度S<sub>0</sub>之比)与退火温度有关,在敏化剂量一定,敏化后随退火温度的上升,而敏化因素逐渐下降,达到700℃时,敏化因素约等于1。而剩余热释光亦随之

降低。敏化剂量大于 $2.7 \times 10^5$ R时,敏化因素随之降低,这是由于陷阱产生损伤的因素造成。Shinde等<sup>[5]</sup>报道的结果与此相似。CaSO<sub>4</sub>:Dy敏化剂量为 $2.7 \times 10^5$ R,300℃退火1小时,敏化因素为2.2<sup>[4]</sup>;CaSO<sub>4</sub>:Tm敏化剂量为 $1.3 \times 10^5$ R,280℃退火1小时,敏化因素为4<sup>[6]</sup>。剩余热释光与敏化剂量的关系见图2。

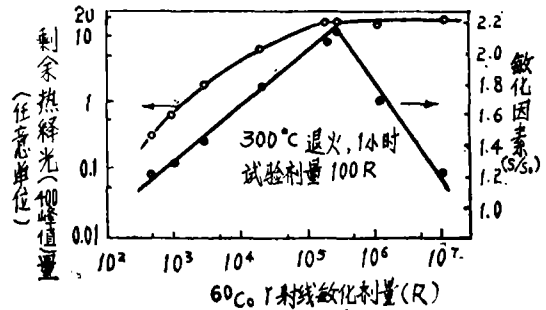


图2 CaSO<sub>4</sub>:Dy的 $s/s_0$  (— — —) 和剩余热释光 (— — —) 与敏化剂量的关系<sup>[4]</sup>

(2)热退火处理对磷光体热释光响应的影响:CaSO<sub>4</sub>:Dy磷光体晶体析出后,700℃退火灵敏度最高,退火后冷却至室温的速度越快,灵敏度越高,最宜为40度/秒<sup>[2]</sup>。Pradhan<sup>[7]</sup>把热处理时间从0.25小时增加到3.5小时,发现热释光灵敏度无明显变化。但增加温度到1200℃时,磷光体对电离辐射的灵敏度迅速下降,对紫外线(U.V)热释光的灵敏度却相反,在1300℃时为700℃的20倍,见表1。认为CaSO<sub>4</sub>:Dy由于高温加热(1000~1300℃)形

表1 CaSO<sub>4</sub>:Dy在不同温度空气炉中热处理的热释光灵敏度

温度 (℃)	时间 (小时)	辐射类型与热释光灵敏度		
		$\gamma$	$\alpha$	U.V
700	0.25	1.0	1.0	1.0
700	3.50	0.99	0.94	1.0
900	3.50	0.67	0.65	0.48
1200	2.00	$1.7 \times 10^{-3}$	$5.6 \times 10^{-3}$	0.66
1300	2.00	$2.1 \times 10^{-3}$	$9.3 \times 10^{-3}$	21.0

成CaO,产生氧化作用,生成新陷阱,从而表明磷光体对紫外线照射的陷阱灵敏度不同于电离辐射。在多次反复使用中的退火处理,Prokic<sup>[8]</sup>指出:CaSO<sub>4</sub>:Dy热释光磷光照射读数

后,350~400℃退火10分钟,反复使用可降低灵敏度。采用650℃退火20分钟,比低温退火可提高主发光峰高度15%,并可降低低温峰。

(3)磷光体晶体粒度对热释光灵敏度

的影响,磷光体颗粒的大小亦可影响其灵敏度,通常晶体粒度降低,热释光性质也随之变坏<sup>[2]</sup>。以每100克硫酸中含4克硫酸钙,析出的晶体对 $\gamma$ 射线灵敏度为最佳,以后随着硫酸钙浓度的不断增加,晶体平均粒度相应降低,灵敏度亦下降。但对 $\alpha$ 粒子的热释光灵敏度则相应增加。因此,Shinde<sup>[8]</sup>认为 $\gamma$ 射线辐照磷光体产生的热释光是由于 $\gamma$ 射线同磷光体正体相互作用,而 $\alpha$ 粒子则是与磷光体颗粒表面相互作用的结果。因此,要减少测量误差,最

好采用粒度相同的 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 磷光体晶体粉末。

(4) 能量响应:热释光个人剂量计的能量响应与磷光体和滤料的原子组成及其几何形状有关。 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 和 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 磷光体是一种高原子序数的热释光材料,Pradhan等<sup>[9]</sup>用 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 或 $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ 中加入低原子序数材料如聚四氟乙烯等进行能响计算和实验,发现它们之间差异较大甚至用含1%的 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 也未明显改变其能响,见表2。其所造

表2  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 粉末及其聚四氟乙烯热释光剂量片的能量响应计算值\*和实验值<sup>(9)</sup>

光子能量 (MeV)	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 粉末	$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 在聚四氟乙烯片中的含量(%)						TLD Tcledyne 片
		50	30	25	15	5	1	
0.030 (0.03)	10.25 (11.27)	8.9	9.56 (4.36)	9.48	9.48 (2.87)	9.65 (1.86)	9.46	9.14
0.062 (0.06)	6.60 (7.70)	5.25	5.25 (2.89)	5.07	4.99 (2.04)	4.99 (1.46)	5.50	4.57
0.375 (0.40)	1.06 (1.01)	1.02	1.02 (1.00)	1.01	1.03 (1.00)	1.12 (1.00)	1.03	—
1.25 (1.00)	1.00 (1.00)	1.00	1.00 (1.00)	1.00	1.00 (1.00)	1.00 (1.00)	1.00	1.00

\* 括号内为计算值

成的差异,主要因计算中考虑的是混合物为均质化合物,也没有考虑磷光体粒度等的影响。并指出若粒度为1~20 $\mu\text{m}$ 就可改善能响。Shinde<sup>[5]</sup>用敏化 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ,以300℃低温退火来降低能响,尚需进一步研究。Pradhan<sup>[10]</sup>采用复合金属片对 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 聚四氟乙烯片进行能响补偿,经补偿后,能量27keV~1.25MeV的能响变化范围为 $\pm 15\%$ 。

(5) 连续重复和多次反复测量对热释光响应的影响: $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 磷光体的剂量测量峰为一单峰,它的陷阱深度是以高斯分布形式存在,因此重复测量是可能的。在同一剂量点上的同一个磷光体样品经10次连续测量(从室温开始加热至280℃),其剂量与热释光量呈线性响应,测量时的加热温度越低,热释光响应线性范围越宽,但此测量条件是第n次测量紧接着n-1次测量<sup>[11]</sup>。Pradhan等

<sup>[12]</sup>用 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 聚四氟乙烯片重复测量三次,亦表明剩余热释光量与剂量呈正比。关于 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 磷光体多次反复使用次数对热释光灵敏度的影响,Schmidt<sup>[1]</sup>报告,经100次反复使用灵敏度变化不大。Pradhan等<sup>[12]</sup>用 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 聚四氟乙烯片(25% $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ )进行多次反复使用,200℃退火16小时,测量11次未见有灵敏度下降及变色现象。认为它的变色可能与片中杂质有关。

(6) 低剂量率对 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 热释光响应的影响:在实际环境剂量和防护剂量的监测中,低剂量率能否影响 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 磷光体的热释光响应,目前尚无详细讨论。Hsu和Weng<sup>[13]</sup>研究了LiF和 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ 热释光响应与低剂量率的相关性,指出在0.1~2mR/分剂量率间的热释光响应比小于0.1mR/分和大于2mR/分剂量率的热释光响应要低。而Szabo<sup>[14]</sup>

的研究结果与 Hsu 的不同,也未得出明确结论。因此,该相关性还有待探讨。

(7) 衰退性:  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  和  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  磷光体受辐照后的热释光响应的衰退,主要由低温峰引起,第一天为 5%,第二天为 9%,一个月为 15%,Aypar<sup>[15]</sup>的结果与 Schmidt<sup>[2]</sup>相似。若采用主发光峰为剂量测量峰,每月衰退则 <3%<sup>[1~3]</sup>。热释光响应的衰退亦受激活剂浓度的影响,大于 0.2 克分子 % Dy 或 Tm 的含量,浓度越高,衰退越快,为激活剂浓度的函数,1.5 克分子 % Dy 含量的衰退性照后第一个月衰退 30%<sup>[3]</sup>。Srivastave 等<sup>[16]</sup>报道  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  粉末用不同  $\gamma$  射线剂量辐照后,经一定时间贮存,出现的衰退性有所不同。大于超线性剂量的 ( $10^3\text{R}$ ),其热释光响应的衰退随剂量增加而增加,在线性范围内的剂量辐照,其衰退性与剂量多少无关。因此在非线性剂量测量中,磷光体经贮存后,热释光响应衰退随剂量的变化应引起注意。

(8) 测量中加热速度对热释光响应的影响,Pradhan 等<sup>[17]</sup>用积分法测量  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  热释光响应,加热速度对此不产生显著影响,而用峰高法测量,则在大于  $10^3\text{R}$  超线性剂量测量中,随加热速度的增加,热释光响应也显著增加,见表 3。认为上述原因是由于

表 3 加热速度对  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  超线性剂量热释光响应的影响

剂 量 (R)	相 对 峰 高 4.5℃/秒	10.0℃/秒	50.0℃/秒	相对积分 面积值
$10^2$	1.0	1.0	1.0	1.0
$10^3$	1.10	1.23	1.40	1.30
$1.6 \times 10^4$	2.80	3.00	3.50	1.70
$1.1 \times 10^5$	2.60	2.80	3.10	1.30

积分法测量中晶体陷阱的贡献不受其加热速度的影响。相反,采用发光峰高测量时,各超线性剂量主发光峰相对峰高产生了改变。

### 三、在测量中子、 $\alpha$ 、 $\beta$ 和紫外线方面的应用

目前,磷光体对放射线测量的应用,主要

是 X、 $\gamma$  射线,而对  $\alpha$ 、 $\beta$  射线和中子辐射以及紫外线的应用研究较少。故本文主要介绍有关中子、 $\alpha$ 、 $\beta$  射线等方面的应用研究。

(1) 中子剂量测量:用  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  和  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  磷光体测量  $\gamma$ -中子混合辐射场的剂量有二种方法:其一,在混合辐射场常用“相减法”,即在  $\gamma$ -中子混合辐照时,以减去  $\gamma$  射线对热释光的贡献求得。常用方法在  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  或  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  磷光体中加入与中子反应截面大的和无热释光响应的材料如含氢物质:葡萄糖、乙醇、P-联六苯以及  $\text{B}_2\text{O}_3$  和  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  等。利用产生 ( $n, \alpha$ )、( $n, p$ ) 等反应,生成的  $\alpha$  粒子或反冲质子传递给磷光体,这样引起间接的中子-热释光响应。Weng 等<sup>[18]</sup>用乙醇作“辐射体”最小可测快中子  $5 \times 10^5 \text{n/cm}^2$ ,  $5 \times 10^5 \text{n/cm}^2 \sim 10^8 \text{n/cm}^2$  呈线性,但此法繁琐,条件要求严格。Becker 等<sup>[19]</sup>认为要提高中子的剂量响应,需降低磷光体粒度,同时加入的含氢材料的比例要适宜。Beach 等<sup>[20]</sup>用  $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$  和  $\text{CaSO}_4(\text{Tm})$ :Li 来测量混合辐射场中的  $\gamma$ 、热中子,用 40% 的  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  混合的磷光体对热中子的灵敏度比一般 LiF 高 3.5 倍。其二,“热释光累积法”,即磷光体经混合场  $\gamma$ 、中子照射后,进行退火,除去照射过程中产生的热释光响应的贡献,再放置一定时间,利用产生的感生放射性自身辐照,进行热释光响应累积,其产生的热释光量即是纯中子剂量值。Pradhan 等<sup>[21]</sup>在  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  磷光体中加入硫,用 0.1%  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  相混合,对快中子的效率分别是  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  粉末和  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  聚四氟乙烯片的 104 和 205 倍。Gordon 等<sup>[22]</sup>在  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  中加入 KBr 经热中子照射产生 ( $n, \gamma$ ) 反应,可提高对热中子响应的灵敏度。Bhatt<sup>[23]</sup>利用  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  中的硫进行活化照射,经照后 20 天累积热释光响应值,  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  粉末和  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  聚四氟乙烯片的最小可测快中子剂量分别为 4rad 和 8rad。

(2)  $\alpha$  和  $\beta$  射线测量:关于  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  或  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  磷光体对  $\alpha$  和  $\beta$  射线的热释光响

应研究不多,应用也少。Schinde 等<sup>(8)</sup>报道了  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  对  $\alpha$  粒子的热释光响应,其所产生的发光峰与  $\gamma$  射线产生的峰相似,它的热释光量与磷光体粒度相关。Pradhan 等<sup>7</sup>发现  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  对  $\alpha$  粒子的热释光灵敏度随着热退火处理温度升高而减低(见表1)。Lakshmanan 等<sup>24</sup> 指出  $^{210}\text{Po}$   $\alpha$  粒子的热释光灵敏度为

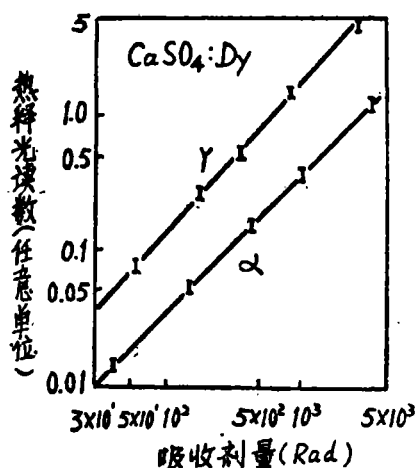


图3 以剂量为函数  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  对  $\alpha$  和  $\beta$  辐射的热释光响应<sup>(24)</sup>

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线的0.29,见图3。Iga等<sup>(25)</sup>报道了用  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  为主的混合式热释光剂量计测量  $\gamma$ 、X、 $\beta$  和热中子。所得剂量响应:  $\gamma$  射线为0.3mR~200R, X线 (<70KeV) 为1mR~200R,  $\beta$  射线为10mrem~20rem; 热中子为0.1mrem~5rem。Pradhan 等<sup>(26)</sup> 用石墨与  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  混合测量  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  等  $\beta$  射线,认为只要减低0.4~3MeV范围  $\beta$  射线的能量响应,是可以用作监测  $\beta$  射线个人剂量的。

对紫外线的热释光响应的研究,目前报道也不多。 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  对253.7 $\mu\text{m}$ 波长的紫外线灵敏度较低为40  $\text{Jm}^{-2}$ <sup>(27)</sup>。Lakshmanan 等<sup>(28)</sup>报道  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  和  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$  对紫外线的相对热释光响应(以  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4:\text{Tb}$  为100)分别为0.09和3.2。为提高  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  对紫外线的灵敏度。Shastri等<sup>(29)</sup>用紫外线敏化 ( $3 \times 10^6 \text{Jm}^{-2}$ ) 照射  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ , 然后300℃退火30分钟,可提高紫外线灵敏度(与不敏化

相比)5.2倍。Pradhan<sup>(7)</sup>用  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  进行1300℃热处理,发现对紫外线的灵敏度突然升高(见表1)。关于  $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$  磷光体测量  $\alpha$ 、 $\beta$  射线及紫外线照射还在研究之中。

### 参 考 资 料

1. Yamashita T, et al: Proc 2nd Int Conf Luminescence Dosimetry, p4, 1968. See also Health Physics 21:295, 1971.
2. Schmidt K, et al: Proc 4th Int Conf Luminescence Dosimetry, Krakow-Poland, 1974.
3. Prokic M: Nucl Instr Meth 151: 603, 1978.
4. Lakshmanan AR, et al: Nucl Instr Meth 153: 581, 1978.
5. Shinde SS and Shastri SS: Inter J Appl Radiat Isotopes 30: 501, 1979.
6. Lakshmanan A, et al: ibid 29: 353, 1978.
7. Pradhan AS, et al: ibid 30: 127, 1979.
8. Shinde SS, et al: ibid 30: 75~78, 1979.
9. Pradhan AS, et al: ibid 29: 243, 1978.
10. Pradhan AS and Bhatt RC: Nucl Instr Meth 166: 497~501, 1979.
11. Oliver E, et al: Nucl Instr Meth 163: 569~573, 1979.
12. Pradhan AS, et al: Inter J Appl Radiat Isotopes 30: 317~319, 1979.
13. Hsu PC and Weng PS: Nucl Instr Meth 138: 307~309, 1976.
14. Szabo PD: Nucl Instr Meth 147: 451, 1977.
15. Aypar A: Inter J Appl Radiat Isotopes 29: 369~372, 1978.
16. Srivastava JK and Supe SJ: Nucl Instr Meth 155: 233~235, 1978.
17. Pradhan AS and Bhatt RC: Inter J Appl Radiat Isotopes 30: 508~510, 1979.
18. Weng PS and Chen KM: Nucl Instr Meth 117: 89~92, 1974.
19. Becker KH, et al: United States Patent, 3896306, July, 22, 1975.
20. Beach JL, et al: Health Phys 31: 542, 1976.
21. Pradhan AS, et al: Phys Med Biol 23:

- 723~729, 1978.
22. Ana Maria Pinho Leite Gordon and Muccillo R: Inter J Appl Radiat Isotopes 30: 571~573, 1979.
  23. Bhatt RC, et al: Nucl Instr Meth 152: 527~529, 1978.
  24. Lakshmanan AR and Ayyangar K: Health Phys 31: 284~285, 1976.
  25. Iga K, et al: Health Phys 33: 605, 1977.
  26. Pradhan AS and Batt BC: Phys Meth Biol 22: 873, 1977.
  27. Chandra B, et al: ibid 21: 67, 1976.
  28. Lakshmanan AR, et al: ibid 23: 952~960, 1978.
  29. Shastry SS, et al: ibid 24: 1033, 1979.
  30. Ayyangar K, et al: Phys Med Biol 19: 656, 1974.

## $^{75}\text{Se}$ 放射药物的新进展

中国医学科学院放射医学研究所 王海青综述

上海药物研究所 谢毓元审

近年来, 新颖的 $^{75}\text{Se}$ 放射药物的合成和应用有较大的进展, 其中突出的工作是: Chambers等合成了一系列 $^{75}\text{Se}$ 标记的甾体化合物, 如 $^{75}\text{Se}$ -皮质醇已作为饱和分析法测定用。此后, 各种类型的 $^{75}\text{Se}$ 放射药物相继出现, 如 $^{75}\text{Se}$ -cAMP,  $^{75}\text{Se}$ -免疫球蛋白和 $^{75}\text{Se}$ -叶酸等用于放射免疫测定。另如6- $^{75}\text{Se}$ -甲基-硒代胆固醇在临床上已作为肾上腺扫描药。还有一些 $^{75}\text{Se}$ 放射药物经动物试验表明有可能作为特定脏器的扫描药。

目前, 值得注意的是用加速器制得了短半衰期同位素 $^{75}\text{Se}$  (半衰期为7.1小时), 并快速合成 $^{75}\text{Se}$ -蛋氨酸, 预料这类崭新的放射药物将会有广阔的前景。

与此同时, 人们还制备了与 $^{75}\text{Se}$ 等电位的放射性 $^{123}\text{Te}$ 标记物, 此类放射药物经动物试验表明有可能作为新的扫描药。

$^{75}\text{Se}$ 放射药物能获得较快的发展, 其原因是合成方法有了改进, 更重要的是 $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123\text{m}}\text{Te}$ 核素较 $^{125}\text{I}$ 和 $^{131}\text{I}$ 核素有更满意的物理性质, 它们是用来制备新的放射药物的适宜的同位素。

### 一、 $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123\text{m}}\text{Te}$ 核素的物理性质

$^{75}\text{Se}$ 和 $^{123\text{m}}\text{Te}$ 都是放出 $\gamma$ 射线的核素, 它们的物理性质如下<sup>1,2</sup>:

(1)  $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123}\text{Te}$ 放出的 $\beta$ 射线能量低, 如 $^{75}\text{Se}$ 的 $\beta$ 能量只有 $^{131}\text{I}$ 的7%, 因此前两类核素减少对人体的附加照射。

(2)  $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123}\text{Te}$ 放出的 $\gamma$ 射线的能量合适, 如 $^{75}\text{Se}$ 在100~400KeV时衰变出光子数为1.74, 而 $^{131}\text{I}$ 为0.92, 由于 $^{75}\text{Se}$ 放射药物的服用剂量较 $^{131}\text{I}$ 放射药物少 $\frac{1}{5}$ , 故对人体的照射剂量相应也较小。另 $^{123\text{m}}\text{Te}$ 在0.159KeV时的光子数占85%<sup>3</sup>, 此特性更适合作扫描药用。

(3)  $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123}\text{Te}$ 核素的半衰期较长(均为120天), 虽在体内停留较久(如 $^{75}\text{Se}$ 生物半衰期约23天), 对人体有些损害, 但它们的适用期较 $^{125}\text{I}$ 、 $^{131}\text{I}$ 长些, 这对制备和保存有利, 也减轻病人的费用。

### 二、 $^{75}\text{Se}$ 和 $^{123}\text{Te}$ 放射药物的合成

$^{75}\text{Se}$ 和 $^{123\text{m}}\text{Te}$ 引入有机化合物中的方