

## $^{252}\text{Cf}$ 源辐射背景对 X 光闪光照相光电接收系统的影响\*

曹宇东, 祁双喜, 王伟, 程晋明, 钱伟新, 王婉丽

(中国工程物理研究院 流体物理研究所, 四川 绵阳 621900)

**摘 要:** 在有核环境下的 X 光闪光照相中, 为保证 CCD 光电接收系统的安全和有效使用, 开展了科研所需剂量的辐射背景对闪光照相光电接收系统影响的研究。理论分析结果表明: 科研要求的辐射剂量远小于 X 光闪光照相光电接收系统各器件的辐射损伤阈值, 不会造成辐射损伤; 辐射背景在 CCD 相机图像上形成的本底灰度对成像质量的影响很小。实验结果显示, 通过建立和选择适当的屏蔽方式可以保证以下两点: 一是科研所需剂量的辐射背景在 CCD 相机图像上形成的本底灰度要小于科学级相机的固有本底噪声, 可以保证图像质量; 二是在科研所需剂量的粒子和射线辐射下, X 光闪光照相光电接收系统工作正常。

**关键词:**  $^{252}\text{Cf}$  源; X 光闪光照相; CCD; 光电接收系统; 转换屏; 辐射损伤; 辐射本底灰度

**中图分类号:** O434.1

**文献标志码:** A

在传统的高能 X 光闪光照相中, 底片是一种被广泛采用的接收方式, 它具有应用简单、易防护及成本低等优点。随着高能 X 光闪光照相研究的深入, 给接收系统的接收能力提出了更高的要求。运用转换屏与 CCD 组合作为接收器件的光电接收系统具有直接数字化、灵敏度高、动态范围大、线性度好以及图像获得的实时性等优点, 并逐渐替代了传统的底片接收系统, 成为当今高能 X 光闪光照相接收系统研究的主要方向<sup>[1-3]</sup>。

对于有核环境下的高能 X 光闪光照相, 由于核材料的衰变和裂变, 会一直放射出  $\alpha, \beta, \gamma$  等射线, 这种辐射背景会对 CCD 光电接收系统的安全使用和成像质量造成影响<sup>[4-5]</sup>。首先, 对于光电接收系统的安全使用, 辐射可能会给光电接收系统中的某些器件造成辐射损伤, 这种损伤主要表现为电离效应和位移损伤, 电子、质子、 $\gamma$  射线和  $\alpha$  粒子是通过电离沉积能量, 而快中子约 50% 的能量是通过原子位移损伤沉积能量的。转换屏的辐射损伤主要表现为无色透明晶体着色、透过率下降、发光强度降低以及出现瑕疵等; CCD 器件辐射损伤性能退化表现为暗信号增加和电荷转移效率降低等。射线对转换屏及 CCD 器件造成的损伤, 可随时间或人为干预方法进行恢复或部分恢复。其次, 在保证辐射不会对系统造成损伤的前提下, 辐射还可能对系统成像质量造成一定的影响。这主要表现为: (1) 粒子和射线激发转换屏产生的可见光会增加 CCD 的本底; (2) 直射和散射的粒子和射线直接作用在 CCD 上产生的白斑噪声也会影响图像质量。为保证核辐射环境下闪光照相光电接收系统的安全和有效使用, 开展核辐射背景对 CCD 光电接收系统影响的研究是有必要的。对于辐射源的选择, 由于同质量的  $^{252}\text{Cf}$  源辐射强度比一般辐射材料高 2~4 个量级, 所以选择  $^{252}\text{Cf}$  源进行研究, 它在短时间内的辐射效应可代表其它材料较长时间的效应。本文利用  $^{252}\text{Cf}$  源作为辐射源, 研究辐射背景对 X 光闪光照相 CCD 光电接收系统的影响情况。

### 1 理论分析

在  $^{252}\text{Cf}$  源辐射的粒子与射线中, 由于  $\alpha$  和  $\beta$  粒子是带电粒子, 在稍加屏蔽的情况下, 基本不能出射, 所以不必考虑;  $\gamma$  射线和中子具有较强的穿透性, 是需要重点研究的对象。

$^{252}\text{Cf}$  源辐射环境下闪光照相光电接收系统的理论布局如图 1 所示,  $^{252}\text{Cf}$  源辐射的粒子和射线经铝板衰减后打在转换屏上激发转换屏发光, 可见光经转镜式系统成像在 CCD 相机上。根据科研工作要求和现有的实际条件, 在理论研究中采用以下数据: 所用  $^{252}\text{Cf}$  源表面静态辐射剂量为  $4.7 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$  (平均能量约为 2.2 MeV) 和  $3.5 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$  (平均能量约为 1 MeV),  $^{252}\text{Cf}$  源与转换屏的距离为 30 cm, 则在转换屏处形成的辐射剂量为

\* 收稿日期: 2008-08-05; 修订日期: 2008-11-28

基金项目: 国防科技基础研究基金资助课题

作者简介: 曹宇东 (1980—), 男, 博士研究生, 助研, 主要从事闪光照相光电接收技术研究; caoyudongwangtao@126.com。

$4.2 \times 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$  和  $3.4 \times 10^4 \text{ s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ; 所用 CCD 相机的积分时间为 6.4 s, 则在不考虑铝板衰减的情况下, 每幅图像采集过程中转换屏处的辐射总剂量为  $2.7 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$  和  $2.2 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ ; 平均能量约 1 MeV  $\gamma$  射线的辐射量转换因子按 1 MeV 计算, 为  $1.96 \times 10^9 \text{ MeV}/(\text{cm} \cdot \text{R})$ , 则  $\gamma$  射线的辐射剂量为 0.11 mR。

### 1.1 $^{252}\text{Cf}$ 源辐射背景对系统各器件影响的理论评估

为研究系统各器件的吸收剂量, 首先要研究辐射剂量和吸收剂量的关系。质能吸收系数是反映辐射和吸收关系的物理量, 单元素物质的质能吸收系数可通过查表得出, 对化合物及混合物, 可计算为

$$\alpha = \sum_{i=1} [(\mu/\rho)_i m_i/M] \quad (1)$$

式中:  $(\mu/\rho)_i$  为第  $i$  种元素的质能吸收系数;  $m_i/M$  为第  $i$  种元素在物质中所占的比例。表 1 为各种晶体转换屏、CCD 及其它半导体器件的中子与  $\gamma$  射线在  $^{252}\text{Cf}$  源辐射下的辐射剂量(时间为 6.4 s)与其相应总剂量损伤阈值的对比表<sup>[4-10]</sup>, 并引入了同距离处空气的吸收剂量作为对比。

表 1  $^{252}\text{Cf}$  源辐射背景下器件的吸收剂量与辐射损伤阈值对比表

Table 1 Contrast of radiation absorption dose and radiation hardness of components irradiated by  $^{252}\text{Cf}$  source

component	mass energy absorption coefficient for $\gamma$ rays of 1 MeV / $(\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	dose of radiation absorption /rad	radiation hardness against $\gamma$ rays /rad	injected dose of neutron / $\text{cm}^{-2}$	radiation hardness against neutron / $\text{cm}^{-2}$
	air medium	$2.789 \times 10^{-2}$	$9.6 \times 10^{-5}$		$2.7 \times 10^4$
CsI; Tl	$2.659 \times 10^{-2}$	$9.2 \times 10^{-5}$	$>10^3$	$2.7 \times 10^4$	$10^7 \sim 10^8$
LYSO	$3.044 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-4}$	$10^6$	$2.7 \times 10^4$	$10^9$
BGO	$3.369 \times 10^{-2}$	$1.2 \times 10^{-4}$	$10^4 \sim 10^5$	$2.7 \times 10^4$	$10^{11}$
NaI; Tl	$2.648 \times 10^{-2}$	$9.1 \times 10^{-5}$	$10^3$	$2.7 \times 10^4$	$10^7 \sim 10^8$
CsI	$2.659 \times 10^{-2}$	$9.2 \times 10^{-5}$	$10^5$	$2.7 \times 10^4$	$10^8$
CCD		$<1.0 \times 10^{-4}$	$10^3 \sim 10^4$	$<1.0 \times 10^4$	$10^9 \sim 10^{10}$
semiconductor		$<1.0 \times 10^{-4}$	$(1 \sim 3) \times 10^4$	$<1.0 \times 10^4$	$10^{12} \sim 10^{14}$
micro circuit		$<1.0 \times 10^{-4}$	$10^4 \sim 10^5$	$<1.0 \times 10^4$	$10^{12} \sim 10^{16}$

表 1 显示, 转换屏处  $\gamma$  射线辐射总剂量及中子注量总量均远小于其辐射损伤阈值; 若逐渐加大辐射剂量后, 辐射损伤将主要由中子造成, 对各种转换屏, 中子辐射损伤至少还有 3 个量级的余量。可见, 短时间的  $^{252}\text{Cf}$  源(或长时间的其它弱辐射源)背景对转换屏不会造成辐射损伤。

对于转镜式光电接收系统, CCD 相机及其它器件距离源都很远, 且要用铅、含硼聚乙烯等对 X 射线及中子进行屏蔽, 受到的辐射剂量要远小于转换屏处的辐射剂量, 通过表 1 可以看出, 它们受到的辐射剂量也远小于各自的辐射损伤阈值, 所以也不会发生辐射损伤。

### 1.2 $^{252}\text{Cf}$ 源辐射背景在 CCD 相机图像上形成本底灰度的理论评估

在闪光照相实验中,  $^{252}\text{Cf}$  源辐射的  $\gamma$  射线和中子激发转换屏会形成一定的可见光本底, 也就同时在 CCD 上形成了一定的本底灰度噪声。这种噪声虽然具有一定的均匀性, 但噪声量过大仍然会对图像质量造成一定的影响。为评估这种影响, 以 CsI: Tl 屏为例来进行研究。

#### 1.2.1 $\gamma$ 射线的影响

对能量为 1 MeV 的  $\gamma$  射线, 铝的吸收系数为  $0.166 \text{ cm}^{-1}$ , CsI: Tl 转换屏的吸收系数为  $0.262 \text{ cm}^{-1}$ , 衰减铝板的厚度为 6 cm, 晶体厚度为 0.5 cm, 则转换屏处  $\gamma$  射线辐射衰减为

$$e^{(-0.166 \times 6)} = 36.9\% \quad (2)$$

转换屏吸收为

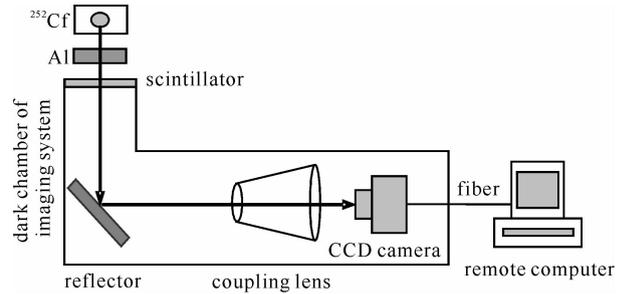


Fig. 1 Theoretic arrangement of photo-electrical receiving system of flash radiography in the surroundings of  $^{252}\text{Cf}$  source

图 1  $^{252}\text{Cf}$  源辐射环境下闪光照相光电接收系统理论布局图

$$1 - e^{(-0.262 \times 0.5)} = 1 - 87.7\% = 12.3\% \quad (3)$$

CsI:Tl 转换屏处单位面积、单位立体角上的可见光光子数可表示为

$$L = 36.9\% \times 12.3\% \chi \epsilon \eta / 4\pi \quad (4)$$

式中:  $\epsilon$  为照射量转换因子, 它与光子的能量有关, 对能量为 1 MeV 的光子, 值为  $1.96 \times 10^9 \text{ MeV}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{R}^{-1}$ ;  $\eta$  为转换屏量子效率, 取值  $5.4 \times 10^4 \text{ MeV}^{-1}$ ;  $\chi$  为辐射剂量, 值为 0.11 mR。L 的计算结果为  $4.2 \times 10^7 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 。

实验采用 CCD 的数据位数为 14, 满阱电荷为  $2.4 \times 10^5 \text{ e}$ , 则光电子与图像灰度级 (grey scale) 的关系为 0.068 grey scale/e; 计算一个像元内产生的光电子数, 经推算

$$M_E = ESQ_E = \frac{k\pi RLSQ_E}{[\beta^2 + 4(f/D)^2(1+\beta)^2]n^2} \quad (5)$$

式中:  $k$  为系统总透过率, 为 75%;  $R$  为系统中反射镜的反射率, 为 90%;  $\beta$  为成像系统横向放大率, 为 0.09;  $Q_E$  为量子效率, 为 80%;  $S$  为像元尺寸, 为  $24 \mu\text{m} \times 24 \mu\text{m}$ ;  $f/D$  为相对孔径, 值为 1.8;  $n$  为 CsI:Tl 转换屏的折射率, 值为 1.84。

经计算,  $M_E = 7.9 \text{ e}$ , 则  $0.068 \text{ grey scale/e} \times 7.9 \text{ e} = 0.54 \text{ grey scale}$ 。对于科学级的 CCD 相机, 制冷后, CCD 暗电流本底会在 10 个左右的灰度级范围浮动, 则增加 0.54 grey scale 的本底对图像的质量影响不大。

### 1.2.2 中子的影响

对于注量为  $2.7 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$  的快中子, 铝的衰减系数约为

$$\mu_{\text{Al}} = \frac{A_0 \sigma_t \rho}{A_{\text{Al}}} = 0.012 \text{ cm}^{-1} \quad (6)$$

式中:  $A_0$  为阿伏加德罗常数;  $\sigma_t$  为中子俘获总截面, 取  $2 \times 10^{-25} \text{ cm}^2$ ;  $\rho$  为铝密度;  $A_{\text{Al}}$  为铝的相对原子质量。不考虑其它因素, 中子经 6 cm 厚铝后衰减为原值的 93%, 为  $2.5 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ 。CsI:Tl 转换屏对快中子的俘获截面占主要地位的是中子散射, 截面约为  $10^{-24} \text{ cm}^2$ , 其它截面均为  $10^{-28} \text{ cm}^2$  量级。经计算, CsI:Tl 转换屏对快中子的衰减系数为  $0.021 \text{ cm}^{-1}$ , 参考文献[11-12]的计算方法, 由于中子在转换屏晶体中的衰减长度远大于晶体的厚度, 所以只考虑中子与晶体的一次散射, 忽略高次散射的影响。计算表明, 上述剂量的中子与转换屏作用产生的可见光光子数要比  $\gamma$  射线小 3 个量级以上。可见, 通过转换屏这种渠道, 中子辐射对图像的质量不会造成影响。

## 2 实验研究

### 2.1 $^{252}\text{Cf}$ 源辐射背景在 CCD 相机上形成的本底灰度噪声

为研究  $^{252}\text{Cf}$  辐射背景在 CCD 相机上形成的本底灰度, 首先需要建立一套在辐射背景下稳定工作的闪光照相光电接收系统。对图 1 所示的基本理论系统, 需要确定一种有效的抗辐射综合屏蔽方式<sup>[12-14]</sup>, 布局如图 2 所示。

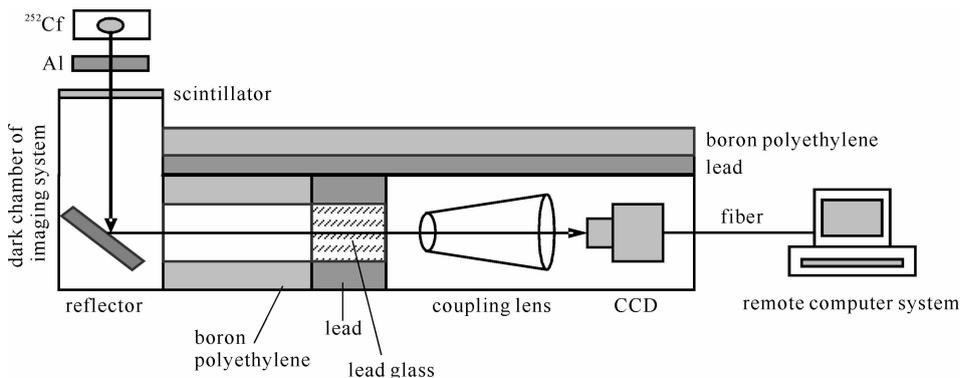


Fig. 2 Experimental arrangement of photo-electrical receiving system of flash radiography in the surroundings of  $^{252}\text{Cf}$  source

图 2  $^{252}\text{Cf}$  源辐射环境下闪光照相光电接收系统实验布局图

图 2 是在理论布局的基础上, 加入了适当的屏蔽措施, 其基本成像过程与图 1 一致, 不同点在于: (1) 在成像系统暗箱的正面加一定厚度的含硼聚乙烯和铅板进行射线和粒子综合屏蔽; (2) 在成像系统的暗箱内部, 加特殊设计的含硼聚乙烯、铅板及铅玻璃窗口进行了屏蔽。

对于屏蔽材料厚度的选择,首先进行了理论分析,基本确定了各种材料厚度的选择范围,然后实验研究了理论范围内的几种屏蔽方式的屏蔽效果,实验中同时得到了 $^{252}\text{Cf}$ 辐射背景在 X 光闪光照相系统中 CCD 相机上形成的本底灰度。在每种屏蔽方式下采集图像 16 幅,表 2 给出了实验中几种不同的屏蔽方式对 X 光闪光照相光电接收系统的屏蔽效果。

表 2 几种不同屏蔽方式对闪光照相光电接收系统的屏蔽效果

Table 2 Shielding effect of several different shielding ways on photo-electrical receiving system of flash radiography

shielding material and its thickness of frontal orientation	shielding material and its thickness of receiving system in the dark chamber	shielding effect			
		average increase of CCD grey scale from scintillator light	increase range of CCD grey scale from scintillator light	white-dot noise for the effect of direct radiation on CCD	error ratio of readout images
boron polyethylene; 50 cm; lead:8.5 cm	boron polyethylene; 18 cm; lead:2.5 cm; lead glass:1 cm	1.0	<4.0	115/10 <sup>6</sup>	—
boron polyethylene; 40 cm; lead:7.5 cm	boron polyethylene; 18 cm; lead:2.5 cm; lead glass:1 cm	1.0	<4.0	136/10 <sup>6</sup>	—
boron polyethylene; 30 cm; lead:6 cm	boron polyethylene; 12 cm; lead:2.5 cm; lead glass:1 cm	1.0	<4.0	168/10 <sup>6</sup>	—
boron polyethylene; 20 cm; lead:6 cm	boron polyethylene; 12 cm; lead:2.5 cm; lead glass:1 cm	1.1	<4.0	350/10 <sup>6</sup>	1/8

表 2 显示,屏蔽基本不影响转换屏发光所致的 CCD 灰度升高,但较少的屏蔽会增加直接打在 CCD 上的粒子而使之本底噪声升高,更为严重的是它会导致图像传输出错,影响系统的正常运行,所以在有核辐射环境下的 X 光闪光照相实验中,一定的屏蔽措施是必要的。通过本次实验,基本确定了屏蔽方式,为表 2 所示的第 3 组屏蔽数据(屏蔽材料厚度大于第 3 组的屏蔽方式(如 1,2 组)均可)。在确定的屏蔽方式下,表 2 显示,背景射线激发转换屏发光在 CCD 上形成的平均灰度值约为 1.0,个别像素灰度稍大,但不超过 4.0;直接作用在 CCD 相机上的粒子形成的白斑噪声比射线形成的白斑噪声要少,比例约为 1:10<sup>4</sup>。图 3 展示了实验确定的屏蔽方式的屏蔽效果。

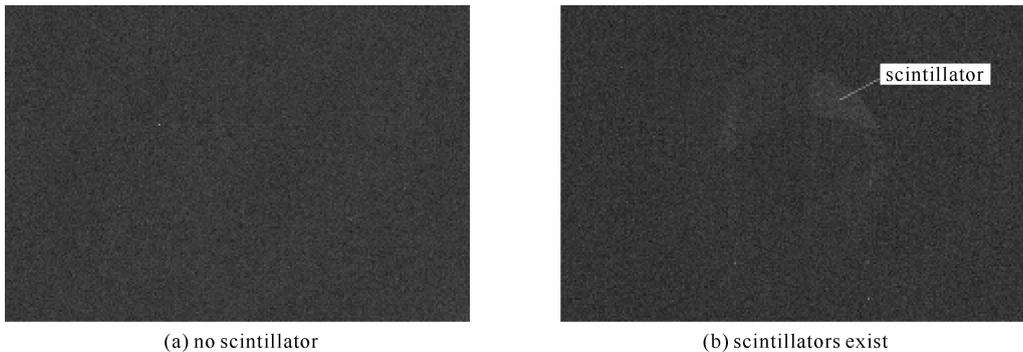


Fig. 3 Shielding effect of shielding ways ascertained by experiment (intensified display)

图 3 实验确定的屏蔽方式的屏蔽效果(增强显示)

表 2 和图 3 显示,在实验确定的屏蔽方式下,上述剂量的核辐射对 X 光闪光照相实验的影响很小,不会影响实验的安全和有效进行,这与理论分析结果一致。与理论的计算结果相比,实验所得 CCD 灰度抬高结果约提高了 1 倍,原因主要是理论计算中的部分参数是经过近似设定或计算的。

## 2.2 辐射环境对转换屏、CCD 相机及其它器件影响的实验研究

对图 2 所示的实验布局,进行持续 1 h 的实验,光电接收系统所受辐射剂量约为科研所需剂量的 500 倍(实验也受到辐射源有害气体的影响)。在辐射实验前后,转换屏颜色没有变化,受辐射发光强度也没有减弱;CCD 经过辐射实验后没有出现坏点,本底灰度噪声也没有增加;辐射实验后,电路设备工作正常,光纤系统传输正常。实验显示,百倍于科研所需剂量的辐射背景对 X 光闪光灯照相系统中各器件均不会造成损伤,系统仍工作正常,可见,在科研所需剂量辐射下系统能够安全使用。

## 3 结 论

理论分析结果表明:科研要求的辐射剂量远小于 X 光闪光灯相光电接收系统各器件的辐射损伤阈值,不会造成辐射损伤;辐射背景在 CCD 相机图像上形成的本底灰度对成像质量的影响很小。实验结果显示:通过建立和选择适当的屏蔽方式,理论所得到的结果均得到了很好的验证。科研要求的辐射背景在 CCD 相机图像上形成的本底灰度要小于科学级相机的固有本底噪声,可以保证图像质量;在科研要求剂量的粒子和射线辐射下,X 光闪光灯相光电接收系统工作正常,从而为科研中核辐射环境下 X 光闪光灯相光电接收系统的安全和有效使用提供了保证。

## 参考文献:

- [1] 施将君,刘进,刘军. 闪光灯照相中 X 光能谱对有效吸收系数的影响[J]. 强激光与粒子束, 2004, **16**(6):809-812. (Shi Jiangjun, Liu Jin, Liu Jun. Effect of X-ray penetration spectrum on attenuation coefficient in flash radiography. *High Power Laser and Particle Beams*, 2004, **16**(6):809-812)
- [2] 曹宇东,祁双喜,王伟,等. 高能 X 光闪光灯照相 CCD 相机的 MTF[J]. 光电子技术, 2008, **28**(1):34-37. (Cao Yudong, Qi Shuangxi, Wang Wei, et al. MTF of CCD camera in high-energy X-ray flash radiography. *Optoelectronic Technology*, 2008, **28**(1):34-37)
- [3] 曹宇东,祁双喜,王伟,等. 转换屏发光光谱对 X 光闪光灯照相成像质量影响[J]. 光学与光电技术, 2007, **5**(5):26-29. (Cao Yudong, Qi Shuangxi, Wang Wei, et al. Influence research of scintillation emission spectrum to image quality in flash radiography. *Optics & Optoelectronic Technology*, 2007, **5**(5):26-29)
- [4] 郭亚军,杨春晖. CsI(Tl)闪烁晶体研究进展[J]. 人工晶体学报, 2004, **33**(1):77-80. (Guo Yajun, Yang Chunhui. Research progress of CsI(Tl) scintillation crystal. *Artificial Crystal Sinica*, 2004, **33**(1):77-80)
- [5] Watson S, Kauppila T, Morrison L, et al. The pulsed high-energy radiographic machine emitting X-rays flash camera[C]//Proc of SPIE. 1997, **2869**(1):920-928.
- [6] Brau J E, Igonkina O, Potter C T, et al. Investigation of radiation damage effects in neutron irradiated CCD[J]. *Nucl Instr and Meth in Phys Res A*, 2005, **549**:117-121.
- [7] 唐本奇,张勇,肖志刚,等. 典型光电子器件辐射效应数值分析与试验模拟方法研究[J]. 原子能科学技术, 2005, **39**(2):183-187. (Tang Benqi, Zhang Yong, Xiao Zhigang, et al. Study on numerical analysis and experiment simulation approaches for radiation effects of typical optoelectronic devices. *Atomic Energy Science and Technology*, 2005, **39**(2):183-187)
- [8] Meidinger N, Schmalhofer B, Struder L. Particle and X-ray damage in pn-CCDs[J]. *Nucl Instr and Meth in Phys Res A*, 2000, **439**:319-336.
- [9] 廖精英,叶崇志,杨培志. 锗酸铋闪烁晶体的研究综述[J]. 化学研究, 2004, **15**(4):52-58. (Liao Jingying, Ye Chongzhi, Yang Peizhi. Review on the research of  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  scintillation crystals. *Chemical Research*, 2004, **15**(4):52-58)
- [10] 李欣年,方晓明. 锗酸铋闪烁体快中子辐照硬度的  $\gamma$  能谱研究[J]. 核技术, 2004, **27**(8):581-585. (Li Xinnian, Fang Xiaoming. The fast neutron irradiation hardness of BGO scintillators by gamma-spectra analysis. *Nuclear Techniques*, 2004, **27**(8):581-585)
- [11] 章法强,李正宏,杨建伦,等. 快中子照相中的点扩展函数计算[J]. 强激光与粒子束, 2006, **18**(7):1183-1185. (Zhang Faqiang, Li Zhenghong, Yang Jianlun, et al. Point-spread-function computation in fast neutron radiography. *High Power Laser and Particle Beams*, 2006, **18**(7):1183-1185)
- [12] 章法强,杨建伦,李正宏,等. 高灵敏度的快中子照相系统[J]. 物理学报, 2007, **56**(1):583-588. (Zhang Faqiang, Yang Jianlun, Li Zhonghong, et al. High-sensitivity fast neutron radiography system. *Acta Physica Sinica*, 2007, **56**(1):583-588)
- [13] 刘显坤,刘颖,唐杰,等. 高能射线及其屏蔽材料[J]. 核电子学与探测技术, 2006, **26**(6):1034-1038. (Liu Xiankun, Liu Ying, Tang Jie, et al. Radials and their shielding material. *Nuclear Electronics and Detection Technology*, 2006, **26**(6):1034-1038)
- [14] 郭洪生,李恩平,何锡钧,等. 含硼聚乙烯对 D-T 中子的屏蔽研究[J]. 核电子学与探测技术, 2004, **24**(5):466-468. (Guo Hongsheng, Li Enping, He Xijun, et al. The radiated-shielding effects on the  $\text{B}_1\text{C} + \text{CH}_2$  to D-T neutron. *Nuclear Electronics and Detection Technology*, 2004, **24**(5):466-468)

# Influence of irradiation background of <sup>252</sup>Cf source on photo-electrical receiving system in X-ray flash radiography

Cao Yudong, Qi Shuangxi, Wang Wei, Cheng Jinming, Qian Weixin, Wang Wanli  
(Institute of Fluid Physics, CAEP, P.O. Box 919-109, Mianyang 621900, China)

**Abstract:** For the X-ray flash radiography in nucleus irradiation surroundings, research about the influence of the irradiation dose of research demand on photo-electrical receiving system was done to ensure the safe and effective using of the system. The outcome of theoretical analysis showed that the irradiation dose of research demand was far less than the radiation hardness of each component in photo-electrical receiving system and the influence of irradiation surroundings on the background noise of CCD camera was small. The experiment based on the theoretical analysis indicated that, by establishing and adopting suitable shielding measures, the background grey scale of irradiation surroundings to CCD camera for study was less than the inherent background noise of the scientific level CCD and the imaging quality could be ensured, and the photo-electrical receiving system can work normally under irradiation dose demanded by research.

**Key words:** <sup>252</sup>Cf source; X-ray flash radiography; CCD; photo-electrical receiving system; scintillator; irradiation damage; irradiation background grey scale

\*\*\*\*\*

## 中国核学会脉冲功率技术及其应用分会成立大会在云南丽江召开

近十几年来,脉冲功率技术在军用、民用领域发展非常迅猛,从事该研究领域的专家、学者和研究人员却没有一个与此形势相匹配的学术交流平台。为此,2007年,中物院流体物理研究所所长邓建军等研究员发起,申请成立中国核学会脉冲功率技术及其应用分会,以便同行间得到广泛、深层次的交流,促进学科进步和研究成果产生更大的社会效益。2008年6月,经中国核学会第六届五次常务理事会讨论通过,四川省民政厅核准登记,“中国核学会脉冲功率技术及其应用分会”获准成立。经过近5个月的筹备,2008年11月16日,中国核学会脉冲功率技术及其应用在云南省丽江市召开成立大会暨首届全国代表大会。

成立大会参会人员60余位,代表了从事脉冲功率技术专业的9个科研院所、7个高等院校、4个相关企业单位。遵照四川省民政厅社团管理规定,结合目前中国的脉冲功率技术及其应用专业背景,在充分酝酿、民主投票的基础上,大会选举产生了第一届理事会、常务理事会及学会领导机构。中物院流体物理研究所邓建军研究员当选为第一届中国核学会脉冲功率技术及其应用分会理事长;国防科技大学张建德教授、西北核技术研究所曾正中研究员、中物院应用电子学研究所许州研究员当选为副理事长;中物院流体物理研究所石金水研究员当选为秘书长。

当天,第一届理事会召开会议,会上理事们就学会活动展开了热烈的讨论。中国核学会脉冲功率技术及其应用分会旨在为全国的脉冲功率技术及其应用专业从业人员搭建一个平等自由的学术交流平台,促进脉冲功率技术的繁荣和发展,促进此项专业的普及和推广。为此,理事们提议每逢奇数年举办全国脉冲功率技术学术交流会,供同行间交流经验及探讨我国脉冲功率技术的发展方向。针对目前国内各高校的脉冲功率技术专业较少而学科发展迅速的现状,理事会计划通过举办“脉冲功率技术讲座”或短期培训班等形式促进学科专业人才的培养。

中国核学会秘书长潘传红研究员到会为中国核学会脉冲功率技术及其应用分会领导机构颁发聘书,对学会成立表示热烈祝贺,并对理事会热心培养人才,积极利用学会专家资源培养青年技术人员的做法表示高度赞赏。最后,由首届学会理事长邓建军研究员致词。他回顾了为中国核学会脉冲功率技术及其应用分会申请做出过大力支持的各位专家,特别感谢已故的丁伯南院士,并提议全体代表为他默哀。然后对学会今后即将开展的工作做了进一步的展望,期望各会员在以后的工作中积极参与、大力支持,为促进我国脉冲功率技术事业更好更快的发展做出积极的努力。(秦玲)