

玻璃钢类复合防辐射材料的防护性能及评价

孟斌 冯涛 赵兰才 朱建国 宋文飞

(山东省医学科学院放射医学研究所, 济南)

玻璃钢类复合防辐射材料板(以下简称:复合防护材料)是一种玻璃纤维增强型复合材料,其防辐射成分主要是铅、钨、钡的化合物;与传统的铅板制品相比较,其衰减曲线好、造价低、成型性好、散射小,因而广泛用于X射线及低能 γ 射线的防护,1988年以来,我们先后对国内部分厂家生产的复合防护材料的防护性能进行了测试,现将测试结果报告如下。

一、方法

铅当量的测量为替换内插法^[1]。标准铅片的纯度为99.99%、厚度误差 $\pm 0.5\%$;PVM-3 M型深部治疗机、FCo 7 kci-C型同中心回转式 ^{60}Co 治疗机(照射野 $10 \times 10\text{cm}$,源距测试样品、电离室分别为75、80 cm)为射线源,深部治疗机的管电流5 mA,管电压70kVp(HVL=3.12mmAl)、80kVp(HVL=3.37mmAl)、100kVp(HVL=3.75mmAl)、120 kVp(HVL=4.12mmAl)等。测量仪器为前西德PTW-IQ₄型参考标

准剂量仪。

二、结果

测试结果见表1、表2、表3及附图。

三、讨论

1.传统的X射线防护室、防护屏多由铅板制成,由于铅板质地软、具有蠕动性和较大的毒性,制做时,要用两层铁板将其固定,因此,给防护器材的加工和使用带来诸多不便、复合防护材料是以铅、钨、钡的化合物按一定的比例配合而成的复合物,另加耐辐射、抗老化的不饱和聚酯树脂做为成型材料;粗纱和玻璃纤维布做为增强材料;在常温下固化成型、固化成型时,表面可贴上装饰材料,直接用于制做各种屏蔽,并且屏蔽效果较理想,表1、表2列出了对我国三家企业生产的八种复合防护材料的测试结果,这些复合防护材料基本可以满足临床X射线及探伤X线的防护,一定厚度的复合防护材料也可用于 γ 射线的防护。

表1 六种复合材料的铅当量

产品代号	厚度(mm)	测试电压(kVp)	铅当量(mmpb)	比铅当量(mmpb/mm材料)
A	12	120	1.60	0.13
B	17	120	2.58	0.15
C	8.3	120	1.15	0.14
D	7.0	120	0.83	0.12
E	6.3	120	0.82	0.13
F	6.1	120	0.82	0.13

表2 复合材料对 γ 射线的衰减

产品代号	射线源	厚度(mm)	铅当量(mmpb)	屏蔽百分率(%)
G	^{60}Co	22	5.30	20.5
	^{60}Co	66	13.96	55.3
	^{60}Co	132	25.53	81.8
H	^{60}Co	22	5.86	23.4
	^{60}Co	132	27.12	83.8

2.复合防护材料的物理性能完全也可以达到制作防护室等防护用品的要求,如C型复合防护材料其拉伸强度为137MPa,压缩

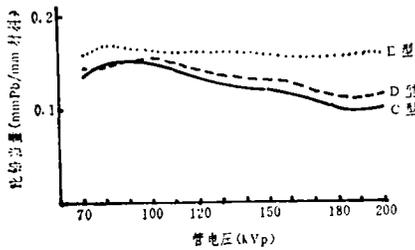
强度为87MPa,弯曲强度为176MPa,并且复合防护材料的耐辐射性能也较好,经 $5 \times 10^6\text{Gy}$ γ 射线照射后,其力学性能无明显改变。

3.附图列出了70~200kVp下三种较典型的复合防护材料的比铅当量值,可见,复合防护材料的防护效果随X射线的能量而变化,这三种复合防护材料的较好的防护范围是80~100kVp的X射线,因此,特别适用于临床诊断X射线的防护。

4.单质防辐射材料的防护具有一定的局

表3 D型复合防护材料与铁板铅当量比较

材料	密度($\times 10^{-3} \text{kg} \cdot \text{cm}^3$)	厚度(mm)	铅当量(mmPb)	
			100kV _p	120kV _p
D型	3.06	6	0.80	0.84
铁板	7.81	6	0.78	0.67



附图 不同管电压下三种复合材料的比铅当量

限性,在50~88keV的范围内,光子作用于铅元素的L层,因此,铅板对此范围的射线的衰减效果并不理想,如 Martin 的试验结果^[2]所示:在38~70keV,原子序数较低的钡对光子的衰减效果优于铅和钨,可见,不同能量范围的光子与不同的原子序数的物质相互作用,由于发生光电效应等反应的几率的差异,造成光子衰减的不一致性,复合防护材料是将铅、钨、钡等元素按一定的比例混合在一起,由于这些不同原子序数的元素对不同能量的光子有各自不同的“边界限

吸收”,使得复合防护材料具有较好的衰减曲线^[2],由表3我们的测试结果也可以看出:铁的密度比D型复合防护材料高一倍,二种电压下的铅当量却低于复合防护材料。

5.随研究的深入,一些新的复合防护材料将相继问世,一些复合防护材料含铅较少,甚至不含铅,并且,铅本身对不同能量的射线衰减系数具有较大的波动性,因此,许多学者提出铅当量的概念并不能正确地反映防辐射材料的防护效果,应尽快提出一个能够正确衡量各种防护材料对各种能量范围射线的衰减效果的新概念。

参 考 文 献

1. 中华人民共和国专业标准 ZBC43022-89, 医用X线防护用品铅当量试验方法, 国家医药管理局, 1989.
2. Martin J. Yaffe, et al. Composite material for X-ray protection, Health Physics, 1991, 60: 661.

· 小资料 ·

五国联合进行芯熔试验

据美联社巴黎1993年12月3日报道,法、美、加、日、韩五国昨日联合在法国卡达拉奇核研究中心的Phébus反应堆上进行了一次堆芯熔化试验。这是五国共同出资、共同设计和参与的一项安全应急操作试验,旨在检验和评价反应堆安全系统及其功能。试验达到了预期的目标。安全系统及时截止了芯熔的进展。此次实际上是按美国1979年三里岛核事故的程序并予以再现,而安全系统有效地限制了放射性气体的释放,未使其超越到建筑物外。试验时,实时闭路电视显示了该反应堆堆芯中间部分铀棒在高温下熔化、损伤发出耀眼的蓝光。试验是

在充分应急准备条件下进行的。试验原设计共需5小时,实际上在完成预定目标后提前结束了试验。

在新闻发布会上发言人宣布:此项试验是成功的。铀棒按原设计有部分熔化,并在建筑物内有放射性释放,未向外界释放放射性。试验概况及其结果将在四天后公布。试验的详细技术报告将在三个月后提出。

此间一些环保专家认为,进行此项芯熔试验代价昂贵,风险很大,实无必要。

(摘自辐射与健康通讯总第48期)