

# 医用射线防护屏蔽材料的研究及应用

张桂敏, 郭建梅, 周成飞, 刘元理

中图分类号: TL75<sup>+</sup> 2.3 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2005)03-0184-01

【摘要】 目的 介绍医用射线防护屏蔽材料的现状及研究进展。方法 详细阐述了屏蔽材料的屏蔽机理, 并对各类医用屏蔽材料进行了介绍。结果 医用屏蔽材料中透明屏蔽材料(防辐射有机玻璃)主要用于防护屏及防护挡板等, 玻璃钢类复合防辐射材料可替代铅板作为 X 射线防护室及防护屏, 而由防辐射纤维制成的 X 射线防护服是一种新型防护材料。结论 医用防辐射屏蔽材料将成为今后新材料开发研究的一个重要领域。

【关键词】 X-射线; 屏蔽材料; 射线防护

近年来, 随着先进的 X 射线诊断, 以及心血管造影术、血管成形术的更新和普及, 放射介入治疗广泛开展。而在心血管造影术、血管成形术等精细手术中, 医学放射学工作者须长时间暴露在 X 射线场中工作。若机体在较长时间内连续或间断受到 X 射线照射且达到一定剂量时, 组织中的细胞被电离辐射灭活, 从而引起以造血组织损伤为主的放射性损伤, 甚至导致白血病, 皮肤癌等。当眼睛长期受到超剂量辐射时, 会引起晶状体病变, 发生放射性白内障。在这种发展趋势下, 如何进行射线防护, 显得尤为重要。

## 1 屏蔽材料的屏蔽机理

屏蔽材料对电离辐射的屏蔽作用是通过材料中所含吸收物质对电离辐射的吸收完成的。物质对射线的吸收大体以下述两种方式进行, 即能量吸收和粒子吸收。能量吸收以射线与物质粒子发生弹性和非弹性散射方式进行, 如康普顿散射。能量吸收的大小与吸收物质原子序数的 4 次方呈正比。当物质与高能射线作用时, 能量吸收占主导地位。粒子吸收以射线粒子与物质的原子或原子核发生相互作用方式进行, 如光电效应。决定物质粒子吸收能力的主要因素为该物质原子的 K 层吸收边(K absorption edge)位置, 即取决于物质的 K 层吸收是否覆盖射线的能量或能谱。对低能 X 射线, 物质的 L 层吸收也起一定作用。当物质与中能和低能 X 射线作用时, 粒子吸收占有重要地位。

传统的医用屏蔽材料为铅, 铅的原子序数为 82, 具有良好的能量吸收特性, 是一种用以屏蔽高能电离辐射的理想材料。从粒子吸收特性看, 铅对能量高于 88.0 keV 和介于 13.0 keV 至 40 keV 之间的电离辐射有良好的吸收能力, 但对能量介于 40 keV 至 88.0 keV 之间的电离辐射存在一个粒子吸收能力薄弱区域(即铅的“弱吸收区”), 因此将铅作为唯一吸收物质所制成的防辐射材料, 其缺陷是显而易见的<sup>[1]</sup>。近年来, 有关研究人员开始尝试添加钨、钼、锡、镧系等金属元素, 以弥补铅的这一缺陷。他们采用混合镧系元素作为弥补铅弱吸收区的吸收物质, 具有射线吸收性能好、重量轻、价格低、化学性能稳定等优点。

## 2 医用射线防护材料的分类及特征

医用射线防护材料按使用场合分为透明材料和不透明材料。其中透明射线防护材料主要以防辐射有机玻璃为主。防辐射有机玻璃多用于放射线室的观察窗、牙科放射线的屏蔽室、心血管造影床旁的防护挡板及屏风等。不透明射线防护材料一般为铅屏蔽材料, 但由于铅板重量较重, 且质地软、具有蠕

动性和较大的毒性, 近年来国内外相继开展了复合屏蔽材料的研究, 如用于 X 射线防护室的玻璃钢类复合防辐射材料、制作 X 射线防护服的防辐射纤维等。

2.1 有机透明防辐射材料 放射线室的观察窗、牙科放射线的屏蔽室、心血管造影床旁的防护挡板及屏风等多采用有机透明防辐射材料制成。在进行心血管造影诊断和介入治疗时, 正确使用射线防护装置, 可以使射线对人身体的辐射伤害降到最低(表 1)。有机透明防辐射材料以防辐射有机玻璃为主。防辐射有机玻璃主要采用甲基丙烯酸甲酯(MMA)与铅、钡、锌、镉等金属氧化物反应制备甲基丙烯酸金属盐, 再将该有机金属盐与 MMA 聚合成制成防辐射有机玻璃<sup>[2-4]</sup>。目前使用较多的防辐射有机玻璃主要是含铅有机玻璃。美国、德国、日本等国家防辐射有机玻璃的研究工作开展较早, 已形成批量生产, 国内此类产品主要从上述国家进口。

表 1 使用射线防护装置对心血管造影床旁工作人员受照剂量影响

受照部位	年受照剂量(mSv)	
	未使用防护装置	使用防护装置
眼睛	250 <sup>1)</sup>	5
手	600	15
前臂	400	8
上半身 (穿防护服)	0.25 mmPb <sup>2)</sup>	20
	0.35 mmPb	10
	0.50 mmPb	5

注: 1) 放射工作人员年剂量限值为 20 mSv·年<sup>-1</sup>;  
2) 射线防护服铅当量。

2.2 X 射线防护服 早期的医用 X 射线防护服一般以铅为屏蔽材料, 由于其重量较重, 质地较硬, 往往使医学放射学工作者背部、腰部肌肉十分劳累, 甚至受到损伤。近年来, 有关研究人员开始尝试添加镧系等金属元素, 以弥补这一缺陷。他们采用混合镧系元素或它们的化合物的细颗粒, 通过将上述细粒与载体材料(塑料或橡胶)均匀揉合在一起, 并采用塑料或橡胶加工方法将其热压成型, 制成一定厚度的软板, 以便进一步制作成防护服等防护用品。

目前新开发研制的 X 射线防护服由防 X 射线纤维制成。防 X 射线纤维是指对 X 射线具有防护功能的纤维, 是利用聚丙烯和固体 X 射线屏蔽材料复合制成的。由聚丙烯为基础制成的防 X 射线纤维可制成具有一定厚度的非织造布, 对中、低能量的 X 射线具有较好的屏蔽效果<sup>[5]</sup>。介入放射治疗的医务工作者穿上 X 射线防护服可以减少 X 射线对身体器官(如性腺、乳腺、红骨髓等)产生的伤害。

2.3 复合防辐射材料 传统的 X 射线防护室、防护屏多由铅

基金项目: 北京市科学技术研究院萌芽项目  
作者单位: 北京市射线应用研究中心, 北京 100012  
作者简介: 张桂敏(1971~), 女, 山东武城人, 工程师, 研究方向: 高分子材料辐射改性。

2004 年湖南省放射工作人员个人剂量异常原因分析及处理

许志勇, 谭 雄, 王 艳

中图分类号: R144.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2005)03-0185-02

【摘要】 目的 调查分析放射工作人员个人剂量异常原因, 并据此采取应急处理措施。方法 现场调查核实 2004 年湖南省个人剂量异常原因、实际受照剂量。结果 55.6% 的剂量异常并非实际受照, 实际受照主要是放射诊断人员, 受照原因是由于设备陈旧、防护差、工作人员不注意自身防护。结论 加强法制与防护知识宣传, 对剂量异常非实际受照人员, 给出名义剂量; 对剂量异常实际受照人员, 健康体检, 估算其受照剂量, 改善防护水平。

【关键词】 剂量异常; 受照; 原因; 处理

放射工作人员外照射个人剂量监测直接反映了放射工作人员职业照射及工作场所安全防护水平, 是放射工作人员职业病诊断的重要剂量依据。在 2004 年的放射工作人员外照射监测中, 我们对一些个人剂量异常的人员进行了调查核实, 对其异常原因进行分析, 并及时做出应急处理。现将有关情况报告如下。

1 调查

1.1 调查原则 当放射工作人员的年受照剂量达到或超过 5 mSv 时, 除应记录个人监测结果外, 还应进一步进行调查<sup>[1]</sup>。

1.2 调查对象 由于我省放射工作人员年平均有效剂量约 1 mSv<sup>[2]</sup>, 故我们对每个监测周期(3 个月)受照剂量大于 4mSv 或者该年度各监测周期累计达到或超过 5 mSv 的人员进行调查。

1.3 调查方法 在放射工作单位有关负责人陪同下对剂量异常人员进行现场调查核实, 核实内容包括辐射种类、工作条件、射线能量及活度、下班后剂量计存放情况、是否受过故意照射、现场操作方式、有无使用防护用品等。对最后的调查核实表由单位及本人签字盖章。确保调查结果真实可靠。

2 结果与讨论

2004 年外照射个人剂量监测共 3 828 人次, 其中有 36 人次个人剂量异常, 占 0.94%。而异常人次中有 8 人次大于个人剂量测读装置的最大量程 9.99 Sv, 占异常人次 22.2%。余下 28 人次中, 最小 4.04 mSv, 最高 3.33 Sv, 平均 24.595 mSv, 占异常人次的 77.8%。个人剂量异常人员按放射工种、实际受照、受照原因及剂量、非实际受照剂量异常原因及剂量如表 1、2、3、4。

作者单位: 湖南省劳动卫生职业病防治所, 湖南 长沙 410007  
作者简介: 许志勇, 男, 湖南衡南人, 主管技师, 从事放射防护检测。

板制成, 由于铅板质地软、具有蠕动性和较大的毒性, 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、钽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作为成型材料, 以粗纱和玻璃纤维布作为增强材料, 在常温下固化成型<sup>[6]</sup>。这种材料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, 可广泛用于临床诊断 X 射线的防护。

随着辐射技术的不断进步, X 射线介入诊断和治疗将为广大患者带来更大福音, 医用防辐射屏蔽材料将成为今后新材料开发研究的一个重要领域。

参考文献:

表 1 个人剂量异常人员放射工种分布

放射工种	异常人次	占总异常人次比
放射诊断	15	41.7%
放射治疗 <sup>1)</sup>	9	25%
核医学	1	2.8%
密封源及应用	3	8.3%
工业探伤	8	22.2%

注: 1) 放射治疗包括介入治疗。

表 2 个人剂量异常人员实际受照情况

受照剂量(3 个月)	总异常人次	实际受照人次
4mSv≤D<20mSv	21	14
D≥20mSv	15	2

表 3 实际受照人员、放射工种、原因及平均受照剂量(3 个月)

放射工种	人次	防护差	未隔室	床边	维修	不按规程
放射诊断	11 (5.604mSv)	6 (5.833mSv)	2 (6.490mSv)	1 (4.140mSv)	2 (4.700mSv)	
放射治疗	3 (125.917mSv)			2 (27.585mSv)	1 (32.58mSv)	
核医学	1 (5.900mSv)					1 (5.900mSv)
密封源及应用	1 (7.470mSv)	1 (7.470mSv)				

表 4 非实际受照剂量异常原因及平均受照剂量(3 个月)

放射工种	人次	故意照射	剂量计放在机房	原因不明
放射诊断	4 (19.028mSv)	2 (22.730mSv)	2 (15.325mSv)	
放射治疗	6 (563.287mSv)	1 (3.330Sv)	1 (19.610mSv)	4 (7.528mSv)
工业探伤	8 (>9.99Sv)		8 (>9.99Sv)	
密封源及应用	2 (55.035mSv)			2 (55.035mSv)

[1] 张启馨. 用于适用 X 射线防护的含混合 镧元素 复合屏蔽材料. 中国专利 CH1153389A, 1997

[2] 蒋平平, 沈风雷. 防辐射含铅有机玻璃的制备与性能[J]. 塑料工业, 2000, 28(4): 17-18.

[3] 周永来, 顾云智. 防放射线有机玻璃的研制[J]. 化学世界, 1982, 8: 231-233.

[4] 张兴祥, 于俊林. 有机钨玻璃的研制与性能研究[J]. 高分子材料科学与工程, 1995, 11(4): 138-142.

[5] 彭清涛, 张康征. 辐射防护服[J]. 中国个体防护装备, 2003, 2: 27-29.

[6] 孟斌, 冯涛. 玻璃钢类复合防护材料的防护性能及评价[J]. 中国辐射卫生, 1994, 3(1): 46-47.

(收稿日期: 2005-01-24)