

200kV 重离子加速器加速氩时辐射场测量与安全评价

宋文杰, 王桂玲, 马惠芳, 朱洪滨, 伏明灯, 李宗强

中图分类号: R144 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2001)02-0075-01

【摘要】 监测了一台 200kV 重离子加速器加速氩束时的辐射场, 并进行了初步评价, 提出了改进辐射防护的建议。

【关键词】 重离子加速器; 辐射场; 测量; 评价

200 kV 重离子加速器是为重离子源的研究和重离子束的应用而研制的。它由直流高压电源、离子源、加速管、磁分析器、真空系统、静电四级透镜、XY 扫描系统、靶室和控制台等部分组成, 是我国第一台采用双潘宁型金属离子源的重离子加速器。对称式倍加电源负载能力大, 电压降和电压脉动小; 双潘宁型多电荷离子源和溅射元件可以引出从质子到氩的多种气体和金属离子, 为加速器的高性能多用途奠定了基础。分析和扫描系统、无油真空系统及多用途靶室, 为作出高水平的物理工作提供了条件。

该加速器已加速过 19 种离子, 并已用于各种材料的离子注入改性、化合物半导体的研制、辐射损伤、束箔光谱学、重离子辐照育种和生物遗传效应研究等诸多领域。

这台加速器是在原有建筑物里建造起来的。虽然离子能量很低, 辐射水平不高, 但由于未经正规的辐射防护设计, 安全状况并不十分清楚。我们在运行人员的大力协助下, 对其辐射场进行了测量, 并对其安全性给予初步评价。

1 测量点的布置和测量方法

1.1 测量点的布置 加速器的主体及其附属设备占据两层空间, 束流平面距地板 2.1 m。在整个测量区域共布 28 个点, 分为三层。第一层的测量点布置如图 1 所示, 共布 20 个点。其中 1~12 点均匀分布在以离子源为中心、半径 1 m 的圆周上, 距地板高度为 1.5 m。因现场设备的空间布局比较复杂, 条件各不相同, 13~20 各点布于加速器主体有关各处。加速器主体占据的一、二层之间部分区域无楼板相隔, 故在二层的控制台等有关位置布置了 21~26 各点。三层有关房间也布了两点(27, 28)。

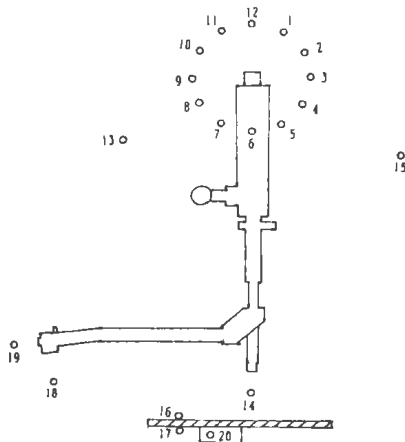


图 1 测量点的布置

1.2 测量方法 本加速器通常工作电压为 110~130 kV。虽然加速过多种离子, 但为了使安全评价更具代表性、更可靠, 根据过去运行情况, 我们选取的实验条件是流强最大的 $^{40}\text{Ar}^{+}$ 束, 高压 110 kV, 铜靶。

从理论和过去的测量数据分析, 总的来看, 200kV 重离子

加速器的辐射场有两个特点。①它是小型低能加速器, 与其它大中型能量较高的加速器相比, 它的辐射场是很弱的。②它的辐射场成份单一。这样低能量(总能量 110 keV 单核能 2.75 keV)的弹靶组合不可能发生核反应(大大低于库伦位垒), 因而也没有中子产生。其辐射场只是单纯的韧致辐射, 即 X 射线。

由于辐射场弱, 许多测点剂量率很低, 用经过刻度的 FD-71A 便携式仪表进行巡测和用 LiF(Mg, Ti)-100M 型热释光剂量计在固定位置测量相结合的方式。TLD 每个测点放置一组三枚, 测后取平均值。

2 测量结果分析

打靶期间, 随时记录束流强度的变化和在该强度下的打靶时间, 见附表。由此得知流强在 67~107 μA 范围, 按时间加权平均流强为 83.7 μA 。加速器共打靶 14 h。经测量, 以 4 号点剂量最大, 为 941 μGy 。用该点剂量值绘出 1~12 各点的等剂量曲线如图 2 所示。13~28 各点剂量范围为 8.6~17.6 μGy 。

附表 靶上流强与照射时间

束流强度(μA)	80	73	67	73	100	107	93	87
照射时间(h)	1.8	0.5	2.7	1.3	1.5	1.0	1.0	4.2

理论上, 离子源周围的剂量分布沿束流前进方向应是对称的。实际并不对称, 而以 4 号点剂量最大。造成这种状况的原因是加速器部件及其他附属设备对辐射的自屏蔽作用不同。这给运行中需要调整设备的人员提供了自我防护的依据。其余各点剂量均较小, 加速器现场与其周围测点的剂量相差不显著。

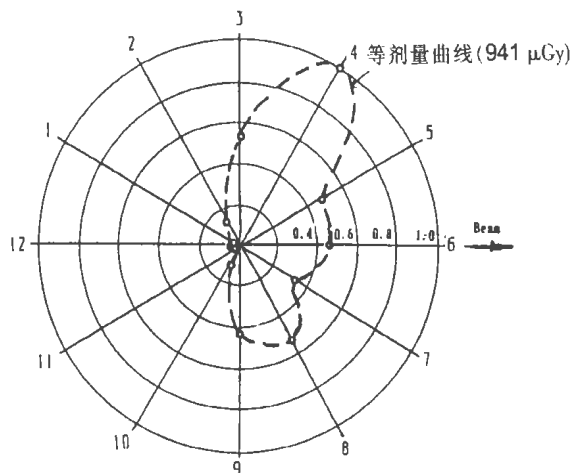


图 2 离子源周围的剂量分布

3 讨论与评价

由上述测量结果与分析可以看出该加速器的辐射水平确实很低(最大值为 67.2 $\mu\text{Gy/h}$), 但另一方面也说明该加速器屏蔽不够合理, 存在缺陷。这主要表现在控制(台)系统不是单独设在一间房子里, 而是与加速器主体同在一室, 其间只有一个高 2 m、宽 2 m 和厚 6 mm 的铅屏相隔。铅屏 6 mm 厚足够了, 但结构不合理。由于束流平面较高(2.1 m), 铅屏的高度和宽度都不足, 难以阻挡散射和部分直射的 X 射线, 对运行人员造成一些不必要的照射。再者是四周屏蔽也不够完整, 造成现场与周围剂量差别不大。

煤渣建材住房内氡及其子体浓度与剂量估算

罗开训¹, 袁镛龄¹, 李植纯¹, 肖仁义¹, 吴东², 胡光辉²

中图分类号: R145; X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2001)02-0076-01

【摘要】报道了 4 栋煤渣建材住宅内氡及其子体浓度。测定结果表明, 煤渣建材住宅内氡及其子体浓度平均值分别为 $281.3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $0.475 \mu\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$, 居民吸入氡及其子体所致年有效剂量当量为 $5.818 \text{ mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

【关键词】氡; 氡子体; 有效剂量当量

室内氡污染产生危害的问题已引起广泛关注, 国际放射防护委员会等许多国际组织对居民吸入室内氡子体引起肺癌死亡危险度作了定量分析^[1~3], 一些国家根据本国不同氡污染源提出了控制室内氡污染的方法, 我国亦于 1996 年颁布了《住房内氡浓度控制标准》。为探讨较高镭含量煤渣建材对住房内氡浓度的影响, 我们选择了 4 栋煤渣建材住房, 对室内氡及其子体浓度进行了测定, 并作了剂量估算。

1 材料与方法

1.1 选点 选择某单位 4 栋煤渣建材住宅, 每栋设 4~6 个测点, 共设 20 个测点, 每个测点在采样前将门窗关闭 24 h。

1.2 测量 采用气球法测量氡气浓度, 该方法经国家标准氡室标定。取样体积 40 L, 进气 1 min, 等待 3 min, 排气 1 min, 测量取样后 0.5~5.5 min 的总 α 计数, 求出氡浓度。

采用马尔科夫法测量氡子体, 取样体积 200 L, 取样 5 min, 测量取样后 7~10 min 的总 α 计数, 求出 α 潜能值。

2 测量结果

4 栋煤渣建材住房内氡及其子体浓度列于附表中, 为便于比较, 将全省室内氡及其子体平均浓度附于同一表内。

附表 煤渣建材住房内氡及其子体浓度

栋号	样品数	$^{222}\text{Rn}(\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3})$		Rn 子体($\mu\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$)	
		$\bar{x} \pm s$		$\bar{x} \pm s$	
A	4	245.0 ± 15.6	(217.6~268.8)	0.445 ± 0.021	(0.397~0.526)
B	6	296.0 ± 20.7	(198.4~460.8)	0.453 ± 0.083	(0.385~0.595)
C	5	288.4 ± 23.8	(189.6~467.2)	0.475 ± 0.176	(0.289~0.701)
D	5	295.6 ± 25.5	(240.8~550.4)	0.525 ± 0.096	(0.468~0.660)
平均值		281.2 ± 23.9		0.475 ± 0.031	
全省室内均值 ³⁾		42.8		0.116	

注: () 内为范围值

由附表知煤渣建材住房内氡浓度平均值较全省室内本底值约高出 5.6 倍, 氡子体平均值约高出 3.1 倍。

作者单位: 1 湖南省劳动卫生职业病防治研究所, 湖南 长沙 410007;
2 湖南湘西自治州职业病防治所。

作者简介: 罗开训(1953~), 男, 湖南衡阳市人, 主管技师, 主要从事辐射防护与环境放射卫生研究。

测定结果还得出煤渣建材住房平衡当量氡浓度为 $94.8 \sim 275.2 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 约有 30% 的测点超过了《住房内氡浓度控制标准》对已建住房限制值 $200 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 的规定。

3 氡子体所致居民的剂量估算

根据 UNSCEAR 1982 年报告推荐的居民居留因子的世界平均值, 室内、外分别是 0.8 和 0.2, 计算居民每天在室内、外停留时间分别是 19.2 h 和 4.8 h, 室内、外的呼吸量分别为 $15.2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $4.8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ^[4], 由此可算得室内外年吸入空气体积分别为 5548 m^3 和 1752 m^3 。根据 UNSCEAR 1982 年报告推荐的吸入单位氡子体潜能所致的年有效剂量当量, 室内外分别为 $2.0 \text{ Sv} \cdot \text{J}^{-1}$ 和 $3.0 \text{ Sv} \cdot \text{J}^{-1}$, 当室内氡子体浓度为 $0.475 \mu\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$, 室外为 $0.104 \mu\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ ^[4,5] 时, 则由上述换算系数可分别求得室内外氡子体所致年有效剂量当量为 5.271 和 $0.547 \text{ mSv} \cdot \text{a}^{-1}$, 两处总的年有效剂量当量为 $5.818 \text{ mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。该值已超过我国《放射卫生防护基本标准》(GB4792-84) 的规定, 公众个人年限制照射量为 5 mSv , 长期受到照射时一年不得超过 1 mSv 的剂量限值。

此类煤渣建材住房应采取降氡措施, 在住房内墙面喷涂防氡涂料, 阻止建材释放的氡污染室内空气。同时加强室内通风。

参考文献:

- [1] ICRP Publication 50. Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters[R]. 1987; 11-24.
- [2] UNSCEAR Report. Sources and effects of ionizing radiation[R]. New York: UN. 1977; 725.
- [3] 国际放射防护委员会第 60 号出版物[R]. 北京: 原子能出版社, 1993; 186-191.
- [4] UNSCEAR 1982 Report. Ionizing Radiation; Sources and Biological Effects[R]. United Nations Publication No. E. 82. IX. 8, New York: UN15~17, 169-244.
- [5] 高益群, 罗开训, 周朝玉, 等. 湖南省室内外环境中氡浓度及所致居民剂量[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1992, 12(2); 94.

(收稿日期: 2000-08-31)

对于大中型加速器来说, 虽然辐射场很强, 但由于安全问题极受重视, 屏蔽与监测系统设置严密周到, 安全管理严格, 往往更为安全。有时反而对一些小型低能加速器的安全问题重视不够, 从而造成一些不必要的照射。

按现行国家标准, 放射性工作人员年剂量当量限值为 50 mSv 。这就意味着对每周工作 40 h、每年工作 2000 h 的工作人

员在屏蔽外的剂量率不得超过 $25 \mu\text{Sv/h}$ 。本加速器 13~28 各测点剂量率($0.61 \sim 1.26 \mu\text{Gy/h}$)远低于该值。虽然不会造成什么后果, 但仍应加强安全意识, 给予足够重视。

作者对小加速器运行和发展室的领导和同志们的大力支持表示衷心感谢!

(收稿日期: 1999-02-14)