

山东省地下商场氡浓度的监测结果与分析

杨娟娟 官庆超 陈 跃 张连平 宋 钢 温继惠 刘世明

(山东省医科院放射医学研究所, 济南 250062)

中图分类号: R145; X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2000)01-018-02

地下商场是国内近几年迅速发展起来的商业场所。据初步调查^[1], 地下商场内氡及其子体浓度较高, 且人口密集, 是人群集体有效剂量较高的场所。此类场所, 若无良好的机械通风设备, 场所内空气交换率较差, 高浓度的氡及其子体有可能对身体健康造成潜在危害。但全国、全省还没有对此类商场进行系统的测量, 为此, 我们于 1998~1999 年对全省地下商场氡浓度进行了系统的调查。

1 调查内容与仪器

1.1 采样测量点的选择

考虑到全省地下商场的结构、深度、层次及人员活动情况在全省 10 个地市共设 113 个采样测量点。

1.2 调查内容

调查地下商场内氡浓度, 估算地下商场内工作人员的年累积有效剂量当量, 并估算相应的肺癌发病率。

1.3 测量方法与仪器

用闪烁室法测量氡浓度, 仪器为 ZYW8501 型测氡仪。仪器本底为 0.05 计数/分, 刻度系数为 $23.94\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}/\text{cpm}$, 探测下限为 $0.815\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$ 。

1.4 质量保证

为确保测量数据的准确性, 我们在质量保证方面做了以下工作: ①对清洗后的闪烁瓶进行了多次本底测量; ②进行了实验室标准源刻度; ③采样测量前, 用标准源测定了仪器坪曲线, 确定了阈值与仪器最佳工作点; ④测量工作全部结束后又用标准源测定了仪器坪曲线, 确定仪器的最佳阈值及工作点, 以观察仪器在采样测量全过程中工作点是否漂移, 判定测量数据的可靠性; ⑤对个别地方的少数测量点, 为确保其数据的准确性, 进行了重复性采样测量。

2 结果与分析

全省共选取了 113 个测量点, 测量结果见表 1。

表 1 山东省地下商场氡浓度测量结果 ($\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$)

地区	测量 点数	范 围	算术 均值	±标准差	几何 均值	几何 标准差
济南	27	6.4~46.3	19.68	±9.76	17.53	1.51
青岛	16	21.2~52.9	32.47	±8.81	31.44	1.93
烟台	6	25.8~32.8	28.72	±2.99	28.59	1.16
威海	6	23.9~51.2	36.65	±10.71	35.39	5.96
淄博	11	12.8~26.9	19.65	±5.80	18.86	1.69
菏泽	10	11.6~29.7	21.74	±5.93	20.95	1.93
聊城	10	11.4~30.8	19.74	±6.18	18.86	1.86
枣庄	11	11.2~87.9	33.15	±22.26	27.76	7.57
潍坊	11	9.4~51.2	22.45	±12.96	19.68	3.67
日照	5	13.3~33.7	20.23	±0.26	19.10	1.05
全省	113	6.4~87.9	26.66	±12.10	25.98	1.12

从总体水平来看, 胶东半岛地区及枣庄市地下商场的氡浓度平均值偏高, 而山东中西部地区的地下商场氡浓度偏低。胶东半岛地区地下商场氡浓度偏高的主要原因有两个方面, 其

一, 商场建筑材料所致。青岛、烟台、威海三个地区地下商场的地面与墙壁多为各类花岗岩石建造, 此类花岗岩中 ^{40}K 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 等放射性核素的含量较高 (均值为 ^{40}K $999\text{Bq}/\text{kg}$ 、 ^{238}U $59.2\text{Bq}/\text{kg}$ 、 ^{232}Th $81.4\text{Bq}/\text{kg}$), 因此由上述花岗岩为主体建造的地面、墙壁放射性核素含量相对较高, 室内氡浓度偏高是正常的。造成青岛、烟台、威海等地市地下商场氡浓度偏高的第二个主要因素是三市部分地下商场是利用地下人防工程建成的, 这类人防工程较深, 且通风不良。如青岛龙山地下商场, 部分测量点的均值为 $52.9\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$, 烟台地下商场的氡浓度均值为 $31.0\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$, 威海金猴通道部分测量点均值为 $48.4\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$, 海都地下商场氡浓度均值为 $51.2\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$ 。相似建筑条件的鑫城地下商场由于通风条件较好, 氡浓度均值为 $29.3\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$, 最高值为最低值的 2.14 倍。枣庄市地下商场氡浓度偏高的主要原因是通风较差, 尤其是枣庄市明星家具城, 地处地下 10 米且无机械通风设备, 氡浓度均值高达 $87.9\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}$, 此外枣庄市多数地下商场地面为水磨石, 碎石多选用酸性花岗岩碎石, 按文献^[2]报道, 此类酸性花岗岩中放射性核素含量较高, 是我省各类花岗岩中放射性核素含量最高者。

表 1 显示地处山东中部的济南、淄博、菏泽、聊城、潍坊等地市, 其地下商场测量均值明显低于青岛、烟台、威海、枣庄等地市的测量值均值。测量值偏低的主要原因是通风良好, 绝大部分地下商场设置了机械通风, 通风量范围在 $(5\sim24)\times10^4\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 之间, 每天通风 20 小时以上, 良好的通风条件降低了氡及其子体浓度的积累。再则, 济南等山东中部、西部六地市的地下商场地面多用大理石或水磨石, 我省大理石多为石炭岩变质而成, 主要含 CaCO_3 、 MgCO_3 等, 放射性核素含量较低, 是一种理想的装饰材料。水磨石整体主要成份为 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 等, 除个别样品外, 绝大多数水磨石制品中放射性水平较低, 其中 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 分别为 37.9 、 31.9 、 $208.3\text{Bq}^\circ\text{kg}^{-1}$, 镭当量为 $96.7\text{Bq}^\circ\text{kg}^{-1}$ 仅为花岗岩石材的六分之一, 也是一种非常理想的装饰材料。

3 剂量估算

假定地下商场工作人员每天在地下场所工作 8 小时, 在地面上室内、室外分别停留 11 小时和 5 小时, 且成人室内 (包括地下场所) 平均呼吸率为 $0.79\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, 室外为 $1.00\text{Bm}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 。由此算出工作人员在地下商场、地面上室内外年吸入空气的体积分别为 2306 、 3171 、 1825m^3 。

根据 UNSCEAR 1982 年报告提供的剂量计算模式和剂量估算参数 (见表 2)^[3], 按表 1 和文献^[4]提供的地下商场、地面上室内外氡浓度数据, 估算出各地市地下商场工作人员由氡所致年有效剂量当量, 见表 3。

表 2 剂量估算参数

场所	平衡因子	Fa ($\mu\text{Sv}/\text{Bq}^\circ\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$)	停留时间 (h)
地下商场	0.4	1.0×10^{-2}	2920
地面室内	0.5	1.0×10^{-2}	4015
地面室外	0.6	1.0×10^{-2}	1825

表 3 山东省地下商场工作人员 氡致年均有效剂量当量

地市	年有效剂量当量(mSv)
济南市	0.79
青岛市	0.86
烟台市	0.79
威海市	0.78
淄博市	0.86
菏泽市	0.74
聊城市	0.71
枣庄市	0.93
潍坊市	1.72
日照市	0.76
全省	0.84

为了便于与世界其他国家和地区估算的公众人均受照射剂量当量相比较,表 4 列出了部分国家和地区估算的氡致剂量当量及世界均值。

表 4 一些国家和地区公众的氡致剂量当量

地区	年有效剂量当量均值(mSv)	文献
世界均值	1.26	[3]
英国	0.86	[3]
山东	0.76	[4]
北京地铁	0.81	[6]

综合分析表 3、表 4 可以看出,山东省地下商场工作人员吸入氡及其子体所致剂量当量均值为 0.84mSv, 低于世界均值(1.26mSv)^[3], 高于山东省居民吸入氡及其子体所致剂量当量均值(0.76mSv)^[4], 与北京地铁工作人员所受剂量均值(0.81 mSv)^[6] 及英国居民所受剂量均值(0.86 mSv)^[3] 相接近。山东省多数地下商场氡浓度在较低水平。但少数地下商场内氡浓度仍在较高水平, 对工作人员所致剂量是不可忽视的, 如枣庄

市某地下商场工作人员所受剂量为 1.95mSv, 滕州某地下商场所受剂量为 1.43 mSv, 此外还有青岛某地下商场(1.34 mSv), 潍坊某地下商场(1.28 mSv)。以上各地下商场工作人员所受剂量均超过世界均值 1.26 mSv), 最高值(1.95 mSv)为山东省居民所受剂量均值(0.76 mSv)的 2.6 倍。为此, 建议主管部门对部分高浓度的地下商场加强监测与管理。可根据具体情况选用通风或防氡涂料等有效措施降低氡浓度。

目前, 虽然有关环境氡及其子体诱发肺癌缺少流行病学资料, 但矿工的流行病学资料已有报道^[9], 肺癌死亡率的增加与氡子体潜能暴露之间关系不排除正相关的可能性, 肺癌危险的增加对所有年龄组均值为(5~15)×10⁻⁶WLM⁻¹。a^[9], 如果按此系数估算山东省地下商场工作人员因吸入氡而致肺癌的死亡率为每年 0.06~0.18 例。

参考文献:

[1] 官庆超, 杨娟娟, 张连平, 等. 山东省地下建筑物内氡浓度调查及剂量估算[J]. 中国辐射卫生, 1998, 7(2): 113.
[2] 官庆超, 孙立亭, 林俊明, 等. 山东省室外地层 γ 辐射水平与地生结构关系的探讨[J]. 辐射防护, 1987, 17(3): 233.
[3] Exposures from natural sources of radiation[R]. UNSCEAR Report, 1988.
[4] 官庆超, 陈跃, 孙立亭, 等. 山东省环境中氡及其子体浓度与所致剂量的研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1992, 2(2): 90.
[5] 尚兵, 唐莉, 雷力, 等. 北京市地下铁道环境放射性水平及其工作人员受照射剂量评价[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1994, 14(6): 401.
[6] 孙世荃. 低水平氡照射下肺癌危险度水平和潜伏期[J]. 中华放射医学与防护杂志, 1982, 2(1): 63.

收稿日期: 1999—10—08

20 台医用诊断 X 射线机质量控制及防护监测结果

宋兹金 樊玉红

(山东省梁山县卫生防疫站, 梁山 272600)

为提高医用 X 射线诊断质量, 保障放射工作人员及受检者的安全与健康, 摸清我县医用诊断 X 射线机的性能及防护情况。我们于 1997 年 5 月对全县 20 台医用诊断 X 射线机进行了质量控制及防护监测。

1 检测内容与方法

1.1 检测内容 ①X 射线机性能: 检测项目包括透视高对比与低对比分辨率、X 射线射束准直性; 摄片管电压、曝光时间、射野与光野一致性, 输出量重复性与线性。②放射防护: 有用线束对受检者皮肤入射处空气比释功能率, 立、卧位防护平面辐射水平、X 射线管管头组装体漏射线水平、机房外环境辐射水平。

1.2 检测对象 全县医用诊断 X 射线机 20 台, 其中 500mA2 台、300mA5 台、200mA11 台、30mA2 台。

1.3 检测仪器 RMPX 射线诊断设备质量控制检测箱、DL-3550DX、γ 辐射剂量仪、FD-71A 小型闪烁辐射仪、XMD-8 密度计、ICS-311 γSURVEY METER。

1.4 评价标准 参考 NCRP99 号出版物。

2 检测结果

2.1 全县 20 台 X 射线机质量控制检测结果 X 射线机透视高对比、低对比分辨率、射束准直性合格率分别为 66%、75%、40%。X 射线机摄片管电压、曝光时间、射野与光野一致性、输

出量重复性、线性合格率分别为 75%、70%、35%、75%、55%。

2.2 全县 20 台 X 射线机防护性能及机房外环境检测结果: 立、卧位透视防护平面合格率为 95%; 有用线束受检者皮肤入射处的空气比释功能率合格率为 95%, 机房外环境合格率为 10%。

3 讨论

3.1 从 X 射线机质量控制监测结果看出, 透视高、低对比分辨率合格率较低, 其原因主要是 X 射线机安装后未注意保护荧光屏, 致使其老化。射束准直性合格率仅为 40%, 分析其原因, 除个别机器属于产品质量外, 有些属于安装调试质量的问题。摄片射野与光野一致性合格率为 35%, 这不仅增加废片率, 而且对受检者可造成不必要的照射; 曝光时间、输出量线性合格率偏低, 主要是电压不稳, 曝光时电压降低明显。

3.2 从防护性能检测结果看出, 立、卧位透视防护平面合格率为 95%, 主要是 X 射线机屏周防护设施装配的比较好, 基本达到了国家卫生防护标准。机房外环境防护设施较差, 合格率为 10%, 主要是机房门、窗未加任何防护材料。

3.3 这次检测发现的问题表明, 防护工作还存在不少问题, 对射线装置使用单位定期进行检测是非常必要的。今后要认真贯彻执行国家有关放射卫生工作的法规和标准, 提高放射防护管理水平, 更好地保障放射工作人员与受检者的安全与健康。

收稿日期: 1999—06—30