

• 剂量 • 防护 •

环境氡的危害与卫生防护问题

尚爱国 杨世魁 王功鹏

(北京放射医学研究所, 北京 100850)

在人类受天然辐射的总剂量中, 氡及其子体的所致剂量占的比例最大^[1], 约为 1/2。同时, 矿工流行病学调查和放射生物学研究发现, 氡子体照射可能诱发肺癌。因此, 氡及其子体的辐射危害与控制受到国内外学术界的重视。国际放射防护委员会 (ICRP) 等机构发表了一系列出版物, 论述了关于氡的辐射危害与防护问题。本文简要介绍 1990 年以来 ICRP 出版物 (如 60, 65, 66) 中关于这方面的最新研究结果及建议。

1 氡子体危害估计

氡子体危害的研究通常采用剂量学和流行病学两种途径。尽管 ICRP 已推出了新的呼吸道剂量学模型, 但是 ICRP65 号出版物^[2]认为评价氡的辐射危害时, 直接引用矿工流行病学研究结果, 其不确定性更小, 不推荐使用剂量学途径。它们汇总了近期矿工流行病学调查资料, 给出了评价氡及其子体对人辐射危害程度的超额相对危险值, 见表 1。

表 1 氡对井下矿工的辐射危害

调查对象	人数	平均累积	死于肺癌人数		超额相对危险 (每 100 WLM)	
		暴露量(WLM)	观察值	预期值	均值	95%置信限
铀矿工:						
科罗拉多州, 美国 (1951—1982)	2975	510	157	48.7	0.6	0.30—1.42
新墨西哥州, 美国 (1957—1985)	3469	111	68	17	1.81	0.71—5.46
安大略, 加拿大 (1955—1981)	11076	37	87	57.9	1.42	0.60—3.33
萨斯卡其宛, 加拿大 (1950—1980)	6847	44	65	28.7	1.31	0.60—3.01
波希米亚, 捷克斯洛 伐克 (1953—1985)	4042	227	574	122	1.70	1.21—2.41
法国 (1946—1985)	1785	70	45	21.1	0.60	0—1.63
铁矿工:						
马尔姆伯尔盖特, 瑞 典 (1951—1976)	1292	98	51	14.9	1.42	0.30—9.57
合 计	31486	120	1047	310	1.34	0.8—2.1

表 1 中被调查的矿工受照时平均年龄为 30 岁, 平均工作期 8 年, 平均随访期 14~32 年。在矿工群体中, 观察到明显的超额相对危险, 平均到整个随访的权重超额相对危险为 1.34/100WLM, 这一结果与 ICRP50 号出版物估计值 1.0/100WLM^[3]相比有所增加。上述结果主要针对成年男性矿工, 委员会指出当对女性和儿童进行氡危害评价时还应考虑附加影响因素, 对其进行适当修正。

为估计矿工长期受氡照射的危害, ICRP 利用恒定型相乘模式^[3], BEIR IV^[4]和 GSF^[5]修正型相乘模式, 对每年暴露量为 1, 2 和 4WLM 的年龄从 18~64 岁的男性工作者进行了危险估计。在综合分析三种模式评价结果的基础上, 对于职业工作人员长期受氡及其子体照射, 委员会建议的危害系数为 $3.0 \times 10^{-4}/\text{WLM}$ 。这一数值在 32 号出版物中估计的终生肺癌危险系数 (1.5~4.5) ×

10^{-4} /WLM 范围之内^[6]。在评价氡对公众的辐射危害时, ICRP 仍然采用矿工流行病学研究结果, 但是考虑了公众与矿工的多方面差异, 如年龄分布, 照射环境, 呼吸率等。并对这些因素的影响做了讨论, 多数作者的研究结果表明这些影响因素的修正因子接近 1。因此, ICRP65 号出版物对公众推荐了与职业照射相同的危害系数。工作人员和公众在氡子体照射下的单位暴露量 (WLM) 的有效剂量分别为 5mSv 和 4mSv。

2 氡及其子体的控制

对工作场所和住宅两种不同条件下氡的照射, ICRP 建议采取不同的防护原则。对于已建住宅, 由于照射源和居住者都已存在, 减少照射只能通过干预行动。何时何种条件下采取干预行动是一个复杂的问题, ICRP 建议采用“行动水平”来帮助决定何时要求或建议对已建住宅采取补救行动。对新建住宅, 在建成之前其情况类似于对人工源的控制, 为此 ICRP 建议采用上限值来控制新建住宅的氡浓度^[7], 但在 ICRP60 和 65 号出版物中考虑到居室建成并居住一段时间之前无法精确地确定氡浓度, 因而更强调应当通过发布建筑指南而达到对建住宅氡控制的目的。ICRP65 号出版物建议优化的采取干预行动的剂量范围在 3~10mSv 之间, 利用给出的剂量转换因子 $1\text{WLM}=4\text{mSv}$, 在平衡因子 0.4 和居留因子 0.8 下建议行动水平为 $200\sim600\text{Bq/m}^3$ 氡浓度。ICRP 指出, 在制定一个国家或地区的行动水平时, 要考虑采取补救行动的有效性和实际可能性、公众生活习惯、长期慢性照射下终生肺癌的危害、室内来自其它危险源 (如火灾、触电等) 导致的总危

险水平以及人们对待危险的态度等, 只有对上述各种因素的影响加以定量化并综合考虑之后才能提出优化的行动水平。另外, 行动水平并不是一种限值, 考虑到危害估计中的不确定性和测量误差, 在采取行动时, 应允许一定的灵活性。

对在工作场所中氡的照射问题, ICRP60 号出版物采取了较为灵活的处理方式, 一方面考虑到氡照射存在的普遍性以及为避免不现实的防护措施, 建议氡的照射不包括在职业照射之内, 另一方面又建议某些工作情况下如铀矿、其它矿井和岩洞等的氡照射可以包括在职业照射以内, 而具体的判断则由各国管理机构进行^[6]。为了给出更实用的导则, ICRP65 号出版物将工作场所区分为需要干预的工作场所和应用防护体系的工作场所, 并建议行动水平范围为 $500\sim1500\text{Bq/m}^3$ 氡浓度。当简单的措施不能使氡浓度降低到行动水平以下时, 应当应用基本防护体系。ICRP65 号出版物根据矿工流行病学研究结果给出剂量转换因子 $1\text{WLM}=5\text{mSv}$, 在此基础上导出氡子体的照射量限值, 如表 2。表 2 中同时给出 ICRP47 号出版物建议的限值, 两者的差别并不大。对于氡的职业照射, 控制原则按对拟议中的与正在继续进行中的实践建议的放射防护体系进行, 即实践的正当化、防护的最优化和个人剂量限值。对于非职业照射的工作场所的氡照射控制, 例如在那些没有被认为是职业性暴露于辐射的工作人员和公众成员使用的工作场所, 则应遵从上述关于干预的基本原则。

表 2 氡和钍子体的照射限值^[2,9,10]

ICRP 出版物		单位	氡子体	钍子体
47 号建议	年 α 潜能摄入量	J	0.02	0.06
	年 α 潜能暴露量	WLM	4.8	14
65 号建议	年 α 潜能摄入量	J	0.017	0.051
	年 α 潜能暴露量	WLM	4.0 (5 年内每年平均)	12
			10.0 (在一年中最大值)	30

综上所述, ICRP 继 60 号出版物之后发表的 65 号出版物, 对氡子体危害进行了新的评价, 工作人员和公众受氡子体照射的危害均为 3.0×10^{-4} /WLM。对氡危害的控制按照工作场所和住宅两种重新强调按照实践和干预的基本原则, 建议在工作场所和住宅中的行动水平分别为 500~1500 和 200~600Bq/m³, 具体的数值由各国管理机构根据本国的实际情况在此范围内选定。

参考文献

- 1 潘自强. 世界辐射水平现状—联合国原子辐射效应科学委员会 1993 年报告辐射水平部分介绍. 辐射防护, 1993, 13 (6): 453
- 2 ICRP Publication 65. Protection against radon—222 at home and at work, Pergamon Press, Oxford, 1993.
- 3 ICRP Publication 50. Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters. Pergamon Press, Oxford, 1987.
- 4 NRC, Health risks of radon and other internally deposited alpha — emitters. U. S. National Research Council Report BEIR IV, National Academy Press, Washington DC, 1988.
- 5 Jacobi, W., Henrichs, K. and Barclay, D., GSF — Report S — 14/92 GSF research centre for environment and health. Munich/Neuherberg, Germany, 1992.
- 6 ICRP Publication 32. Limits for inhalation of radon daughters by workers. Pergamon Press, Oxford, 1981.
- 7 ICRP Publication 39. Pergamon Press, Oxford, 1984.
- 8 ICRP Publication 60. 1990 Recommendations of the ICRP, Pergamon Press, Oxford, 1991.
- 9 ICRP Publication 47. Radiation protection of workers in mines. Pergamon Press, Oxford, 1986.
- 10 刘洪祥.《国际基本安全标准》的建立及其意义. 放射医学与防护简报, 1995: 189.

(1995 年 9 月 18 日收稿)

关于水样总 α 文献值的讨论 与不同刻度源的影响实验

孟繁卿

(河南省职业病防治所, 郑州 450052)

从查阅饮水总 α 放射性测量方法和结果的文献中发现, 不同地区、不同作者测出的水样总 α 值存在着很大差异。为了找出总 α 文献值差异过大的原因, 笔者对有关的文献资料进行了整理和分析, 并对仪器刻度源的影响进行了初步探讨。

1 不同地区水样总 α 文献值的比较

从表 1 可见, 不同文献的总 α 值相差甚远, 尤其文献 [2] 的自来水总 α 值高达 25.6Bq/L, 约超过饮用水标准 256 倍。若真达到这个放射性比活度还能饮用吗?! 而文献 [1] 中的总 α 值又太低, 因此, 文献 [2] 和 [1] 中的总 α 值就形成了鲜明的反差。且 2 者使用的标准源也不同。

笔者认为: 尽管地区不同, 对一般饮用水平说, 不应该存在像文献 [1] 和文献 [2] 那样大的差异。

表 1 水样总 α 放射性文献值的比较

文献来源	样品名称	总 α 值 (BqL ⁻¹)	使用标准源
[1]	自来水	4.8×10^{-4} (沉淀法)	$\varnothing 50\text{mm}$ 天然铀源
		3.4×10^{04} (蒸干法)	
[2]	自来水	25.6	纯铀粉末源
	井水	23.3	
	江河水	4.7	
[3]	井水	7.5×10^{-2}	铀电镀源
	深井水	18.0×10^{-2}	
	河水	4.0×10^{-2}	
[4]	自来水	4.9×10^{-2}	加入标准铀 相对比较法
	井水	18.0×10^{-2}	
	河水	17.0×10^{-2}	

(下转 159 页)