

径迹法累积测定室内外氡浓度

翟鹏济

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100080)

摘要 使用 CR-39 探测器和探杯型氡监测器, 对本所办公楼地下室及办公室内外氡浓度进行 2—6 个月春夏秋冬不同季节的累积测定。对收集后的 CR-39 随机扫描读数方式对结果的影响做了比较。结果表明地下室氡浓度高于其他层, 室内高于室外。除个别情况外, 随机扫描的影响在统计涨落范围内。

关键词 氡浓度, α 径迹, CR-39 探测器。

近年来人们对环境中氡及其子体对人体健康的影响越来越关注。由于氡及其短寿命子体的吸入是人们生活环境中辐射的主要来源, 大约为 1 mSv/a , 这相当于人体受人工和天然辐射源总剂量的 40%^[1, 2]。室外氡水平低于室内, 而人们生活和工作的大部分时间是在室内, 所以这种辐照主要发生在室内。氡致肺癌的危险度与氡浓度和受照时间关系很大, 人们关心着长期工作和生活场所的氡水平。不同的环境氡浓度不同, 因此对具体环境实施氡水平的调查测定是必要的。本工作报告了核径迹法测定的办公楼内外氡水平的结果。

1 实验方法

为估算空气中氡及其子体对人的剂量负担, 通常要测量空气中氡及其子体的平均浓度, 因此常进行氡的累积测量。本工作采用塑料杯型氡监测器^[3], 它具有性能稳定防尘等特点。用北京 SY-1 型 CR-39 作探测器。测量地点为本所中关村办公大楼地下室, V-2 大厅和办公室内外。首先擦净探杯, 打开 CR-39 包装, 清洗干燥后及时放入探杯底部, 用胶带固定, 杯口放上 $20 \mu\text{m}$ 的聚乙烯薄膜, 盖紧杯盖, 放置到预定位置上。2—6 个月后收集探杯, 取出 CR-39 探测器片与本底片(蚀刻前从密封的包装中取出), 及时一起吊挂在一只装有 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KOH 浓液的带盖塑料蚀刻杯中, 70°C 蚀刻 8 h, 取出后在热水、温水和冷水中充分冲洗干净, 最后蒸馏水冲洗晾干待测。使用 Olympus 生物显微镜(用

600 倍)统计径迹数目。

2 结果和讨论

累积监测的氡浓度由(1)式计算得出, 结果列于表 1 中。

$$c = (A - B) \cdot 1000 / (a \cdot t) \quad (1)$$

式中, c 为氡浓度($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$); B 和 A 分别为监测前后的径迹密度(径迹 $\cdot \text{cm}^{-2}$); a 为刻度系数[径迹 $\cdot \text{cm}^{-2} / (\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})$]。刻度系数由核工业部第六研究所给出, 用 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KOH, 70°C , 蚀刻时间 8 h, 其值为 $4.93 \text{ 径迹} \cdot \text{cm}^{-2} / (\text{kBq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})$ 。

由于误差的常规传递, 氡浓度的相对标准差由(2)式估算:

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_B}{B}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2} \quad (2)$$

式中, R 为氡浓度相对标准差, σ_B 和 σ_A 分别为监测前后径迹密度标准差。表 1 中平均浓度是由 2 个平行样本或同一位置不同次监测结果平均得到。由表 1 可见该办公大楼地下室的氡浓度明显高于非地下室, 这与美国和瑞典统计调查表明的地下室氡浓度为非地下室的 2 倍^[4]和底层浓度高^[5]的结果是一致的。地下室 020 房间直接在地板上探测比离地面 2 m 探测的水平高, 这符合一般规律^[6]。然而同样离地面 2 m 的靠走廊墙壁通风孔(约 $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$)则低 1 倍左右。地下室 020 是一间较长的库房, 管道

表 1 各监测位置氡浓度(Bq·m⁻³)

序号	监 测 位 置	监测时间(d)	观测视野数	径迹数	氡浓度	平均浓度
1	地下室 013 室 2 m 高柜顶	冬、春 151	1600	91	14.29±0.33	13.1±0.5
2	地下室 013 室 2 m 高柜顶	冬、春 181	1900	108	11.91±0.32	
3	地下室 013 室门边墙 2 m 高	冬、春 151	1600	64	8.00±0.33	
4	地下室 013 室门边墙 2 m 高	冬、春 181	1900	85	8.14±0.32	8.1±0.5
5	地下室 020 室 2 m 高柜顶	冬、春 151	600	71	37.22±0.41	
6	地下室 020 室 2 m 高柜顶	冬、春 181	800	106	35.46±0.23	
7	地下室 020 室地板上	冬、春 151	600	101	55.88±0.40	47.4±0.5
8	地下室 020 室地板上	冬、春 181	800	115	38.97±0.22	
9	地下室 020 走廊墙 2 m 高通风口	冬、春 151	600	40	17.95±0.31	
10	地下室 020 走廊墙 2 m 高通风口	冬、春 181	800	70	21.46±0.25	19.7±0.4
11	V-2 大厅一层主机上	夏 60	1800	27	9.39±0.37	
12	V-2 大厅二层 2 m 高柜顶	夏 60	1800	31	11.48±0.35	
13	二层办公室 209 室内	夏 60	800	13	10.56±0.59	10.4±0.5
14	二层办公室 209 室内	秋 60	2000	31	9.86±0.44	
15	二层办公室 209 室内	秋 60	1200	21	11.74±0.53	
16	二层办公室 209 窗外	冬、春 151	800	29	6.59±0.59	6.6±0.8
17	二层办公室 209 窗外	夏 60	1000	12	6.57±0.59	

沿北墙地板走向,而且近地面处北窗较多,地下逸出的氡可能沿密封较差的孔隙进入该室内,此外该房又紧挨供热锅炉房,采样期间包含了燃煤供暖的几个月,可能也会有影响。地下室南面房间 013 柜顶和门边结果有些差异但不大,或许开门会对门边结果有影响。其平均水平与一层的静电加速器(V-2)大厅和二层办公室的氡浓度很接近。从表 1 的结果看不出夏秋季节(209 室内),冬春和夏季(209 室外)季节性差异对氡浓度有明显的影 响。笔者所测的室外氡水

平与国内外是一致的^[7-9,4]。
在累积监测期间,探测器位置的差异,渗透膜本身厚度的不均匀性也有一定影响,刻度系数 a 本身的误差(核工业部第六研究所给出<25%)可能是主要误差来源。此外,由于读数扫描面积只是探测器的一小部分,因此随机扫描部位可能受统计涨落或其他偶然因素的影响。比如沿横向连续,沿纵向随机扫描(简称 A 方式),或者沿纵向连续而沿横向随机(简称 B 方式)。表 2 是这种不同方式结果的比较。从表 2

表 2 样品随机扫描方式对结果影响比较

样 号	方 式	视野数	扫描面积 (mm ²)	径迹数 (N)	A/B (归-化比)	$\sqrt{N}/N$ (归-化 N)
1	A	600	9	33	0.95	0.13
	B	1000	15	58		0.13
2	A	900	13.5	44	0.76	0.14
	B	1000	15	64		0.12
3	A	600	9	25	1.07	0.15
	B	1000	15	39		0.16
4	A	900	13.5	39	0.94	0.15
	B	1000	15	46		0.15

可见多数情况其差异在 10%左右,在统计涨落(12%—16%)范围内。因此随便采用何种读数扫描方式在统计涨落范围内不会影响其结果,但个别情况这种读数方式的影响会超过统计涨落而达到 25%(如 2 号样)左右。氡与子体平衡的可变性通常为 50(±10)%,在大多数情况下,用一个简单的读数代替复杂情况的读数误差不大^[10]。
(下转第 77 页)

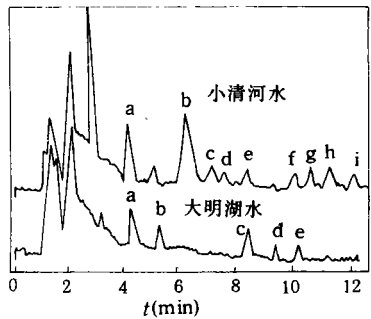


图 6 实际水样色谱图

小清河: a. 苯酚 b. 3-甲酚和/或 4-甲酚 c. 2-甲酚
d. 2-氯酚和/或 4-氯酚 e. 3, 4-二甲酚 f. 2-硝基酚
g. 2,3-二甲酚 h. 2, 4-二甲酚 i. 2, 6-二甲酚
大明湖水: a. 苯酚 b. 4-硝基酚 c. 3, 4-二甲酚
d. 3-氯酚 e. 2-硝基酚

器所吸附酚在 1% 以下^[7]。因此, 这里未考虑过滤中器皿的吸附损失。

实际水样的测定结果见表 5, 色谱图见图 6, 本法测定的总酚含量与 4-氨基安替比林分光光度法对照的结果见表 6。

由表 6 看出, 本法不仅能选择性地测得不同酚, 而且所测总酚的含量较 4-氨基安替比林法高, 能更好地代表环境水体酚类污染情况。

(上接第 66 页)

3 结语

本调查结果表明, 室内氡浓度约为 10—50 Bq · m⁻³, 与其他地区结果一致, 符合我国放射卫生防护标准 GB4792-84 规定的公众中个人在其一生中每年全身照射的年剂量当量限值不高于 1 mSv(即在最一般情况下, 建筑物内平均 33 Bq · m⁻³氡浓度限值)的要求。室外氡浓度 6.6 Bq · m⁻³的结果与国内外结果一致, 这表明空气流通对降低氡浓度的作用。累积法氡浓度监测器很适合于测定室内外环境氡水平, 它具有方便可靠、代表性好、经济等特点。

致谢 核工业部第六研究所提供刻度系数, 冯玉水、马淑兰、费玉华等同志对本工作给予

扣除对位取代酚后^[1], 本法与 4-氨基安替比林法的分析结果相近, 具有可比性。对酚含量很低(≤2 μg/L)的水体, 4-氨基安替比林法难以检出, 而本法同样能够进行定量分析。总之, 本法的精密性、准确度均较好且灵敏度高, 是可用于地面水环境中微量酚类分析的较好方法。

表 6 地面水总酚含量(μg/L)的对照

水 样	方 法		
	本 法	4-AAP	
小清河	187.2	107.8 ¹⁾	119.9
大明湖	2.3	0.4 ¹⁾	未检出

1) 剔除对位取代酚后的总酚含量(μg/L)

参考文献

1 国家环保局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法. 第三版, 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 411
2 Coutts R T et al. J. Chromatogr. 1979, 179(2): 291
3 Mckague A B et al. J. Chromatogr. 1981, 208(2): 287
4 Bengtsson G J. Chromatogr. Sci. 1985, 23(9): 397
5 Kawata K et al. Anal. Chem. 1980, 52(6): 857
6 Ogan K et al. Anal. Chem. 1981, 53(2): 160
7 高見勝重等. 分析化学(日). 1987, 36(10): 606
8 Ahel M et al. Anal. Chem. 1985, 57(8): 1577
9 Sievers R E et al. J. Chromatogr. 1977, 142(5): 745

了支持和帮助, 一并致谢。

参考文献

1 Sinnaeve J et al. Radiat Prot. Dosim. 1984, 7: 15
2 UNSCEAR. Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects. Report to the General Assembly with Annexes. New York: U N. 1982: 141—210
3 Urban M, Piesch E. Proc. of the 11th Int. Conf. on SSNTDs. Bristol, UK. 7—12 Sep. 1981, 577
4 Alter H W and Oswald R A. J. Air Pollut. Control Assoc. 1987, 37: 227
5 Jönsson G. Nucl. Tracks. 1987, 13: 85
6 田志恒等. 原子能科学技术. 1993 (1): 57
7 庞德聆等. 第四届全国固体核径迹探测器会议论文集. 上海: 1990: 10
8 张政国等. 第四届全国固体核径迹探测器会议论文集. 上海: 1990: 10
9 翟鹏济等. 原子能科学技术. 1993 (1): 74
10 Fleischer R L. Nucl. Tracks. 1988, 14: 421

anionic surfactants in water and wastewater were determined at pH = 7.5 with azophloxine two-phase titration. The results of determination of anionic surfactants such as sulfates, sulfonates, benzenesulfonates, soap and phosphates etc., with azophloxine titration and methylene blue photometry, respectively, were compared and the interference tests and actual samples analysis were performed. All results show that the azophloxine titration was superior to the methylene blue photometry. The coefficient of variation was 1.0% ($n = 11$); minimum detectable concentration, 0.052 mg/L ($n = 21$); recovery of standard addition, 92.1%–110.2% on average 100.6% ($n = 14$). It was suggested that the concentration of anionic surfactants in water should be expressed in molar concentration or PSAA, instead of mg/L.

Key words: azophloxine, two-phase titration, anionic surfactants, wastewater.

Determination of Aniline in Polluted Water by Tridimensional Fluorescent Spectrometry. Wang Lun et al. (Dept. of Chemistry, Anhui Normal Univ., Wuhu 241000); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 63–64

The diagram of the tridimensional fluorescent spectrum (TDFS) of aniline was given by using an authors-developed program SIMS (surface image maker system) on a computer. The characteristic peak of aniline was defined. A new method for the determination of aniline by TDFS was suggested. When the concentration was in the range of 2.0×10^{-7} – 5.6×10^{-6} mol/L, a fine linear relationship between aniline concentration and relative fluorescence intensity was shown. The R. D. S. was 2.5%. The detection limit was 1.0×10^{-7} mol/L. With the method, aniline in polluted water from industry was determined satisfactorily.

Key words: aniline, fluorescence, polluted water.

Passive Integrating Measurement of Indoor and Outdoor Radon Concentrations. Zhai Pengji (Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 65–66

Both indoor and outdoor ^{222}Rn concentrations of an office building in Zhongguancun, Beijing, were determined by using a CR-39 detector and passive integrating radon monitor in different seasons of spring, summer, autumn and winter, with a total sampling time of 2–6 months. The

results show that the radon level found in the basement was higher than that in the office rooms above the basement and the indoor radon levels were higher than the outdoor radon levels. The error sources, including the effects of CR-39 random scanning and reading ways on the results of determination, were also discussed. It was found that, except in some individual cases, the extent of influence caused by different scanning ways was within the range of statistical variation.

Key words: radon, concentration, α tracks, CR-39 detector.

Total Radioactivity in Drinking Water for the Residents Living in Cities and Towns in Liaoning Province. Ma Junjie et al. (Liaoning Provincial Institute of Labour Hygiene, Shenyang 110005); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 67–68

The detection of total α and β radioactivities in the water samples collected from 50 waterworks companies and 40 self-supported water supply systems for factories or mines in the Liaoning Province was carried out in 1990 to 1994 and the results were reported. It was found that the total α radioactivity was in the ranges of 0.9×10^{-2} – 16.3×10^{-2} and 0.3×10^{-2} – 21.6×10^{-2} Bq $\cdot$ L $^{-1}$, with the averages of 0.046 and 0.065 Bq $\cdot$ L $^{-1}$ which were 8% and 15% over the national standards, respectively in the above two corresponding cases. The total β radioactivity was found in the range of 0.08–1.07 Bq $\cdot$ L $^{-1}$, with less water samples which were exceeding the national standards. The results show that the natural radioactive nuclides were the major contributors to the total α radioactivity in the drinking water and the natural uranium compounds made the largest contribution by about 43% of the total α radioactivity.

Key words: uranium, α radioactivity, β radioactivity, drinking water, Liaoning Province.

Investigation on the Organic Pollutants in Suspended Solid Particles and Sediments in the Great Canal. Chen Jianlin et al. (Dept. of Environ. Sci. and Eng., Nanjing Univ., Nanjing 210093); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(2), 1995, pp. 69–72

A simple and effective pretreatment procedure was developed to generally analyze the organic pollutants in suspended solid particles and sediment in the Great Canal (Changzhou part) by using a GC/MS/DS system and a method of retention time index. The results show there were relatively high concentrations of carcinogens and