

- [4] 高璞等,环境科学与技术,(1),38—40,(1985).
[5] 孙维相,环境科学,5(3),1—4,(1984).
[6] 李国育,环境科学丛刊,(6),31—36,(1983).
[7] 郑德荣等,农业环境保护,(1),8—10,(1984).
[8] 环境监测分析方法编写组,环境监测分析方法,

- 162—165 页,建设部环保局出版,北京,(1983).
[9] 四川农科院农药研究所,农药分析,第 170 页,石油
化学工业出版社出版,北京,(1976).
[10] 王阶标等,环境化学,2(2),62,(1983).

柳州地区环境天然 γ 辐射水平及其分布

曾 宪 丰

(广西柳州地区卫生防疫站)

环境辐射是对人类照射的主要因素,其强度因地理和地质结构不同而变化。为了解柳州地区环境天然 γ 辐射水平及其分布,我们于 1983 年 7 月至 11 月进行了调查和分析,这对阐述环境天然 γ 辐射水平的自然分布,促进放射卫生与防护工作都是有益的。

本区地理概况

1. 地理位置和地质地貌特征,柳州地区位于桂中北部,地处东经 $108^{\circ}24'$ — $110^{\circ}28'$,北纬 $23^{\circ}19'$ — $26^{\circ}04'$,紧毗南岭南麓。包括 11 个县和区,地区辖市各一座。总面积 32037 km^2 ,其中山地丘陵和岩溶石山面积占 86%。境内以石灰岩和砂页岩为主,土壤以赤红壤、红壤居多。地势大致北高南低,从西北向西南倾斜。

2. 人口分布:全地区总人口 4811161 人,除柳州市外,柳北人口较稀疏,柳南和柳中较密集,全地区人口平均密度为 150 人/ km^2 。

仪 器 和 方 法

1. 仪器:测量仪器采用 FD-71 闪烁辐射仪,该仪器曾参加第二次全国卫生系统比对,在不同环境点的现场刻度与 RSS-111 型高压电离室的偏差为 +6.8%,实验室刻度的误差为 $\pm 1.0\%$;由 γ 谱的变化引起的测量误差约为 5%。该仪器具有良好的稳定性,一年

时间内其响应分散性在 5% 以内,能探测的最低 γ 能量为 50keV,实用于大面积的环境辐射本底调查。

2. 方法:

(1) 将测量仪器置于测量点上,距地面高度 1 m、室内屋角距墙壁 0.3 m 进行测量。室外、室内、道路均分别在拟定区域内测其四个角和中央五个点,取其算术均值经仪器 k 值修正,再用 $1 \pm_{FD}/2 - 0.5^{[1]}$ ($\pm_{FD}$ 为仪器经 k 值修正后的实测值) 式修正后的值代表该点的地表 γ 辐射值。

(2) 测量点的设置:将 12 个县、市各作为一调查区,县、乡圩镇为必测点,另根据距离在适当地方增设测点。各调查区设 15—26 个点,全地区共 218 个点。室外点在距道路 20 m、距建筑物 50 m 以外取 $10 \times 10 \text{ m}$ 范围测量;室内点对各种建材的楼、平房进行抽测;道路点在距建筑物 50 m 以外取 10 m 长路面测量;选测点抽测柳州市都乐岩。

结 果 与 讨 论

1. 不同场所的地表 γ 辐射水平

各场所地表 γ 辐射水平如表 1 所示。其中室内与道路、室外、岩洞的差异均非常显著 (P 均 < 0.001),室外与道路差异不显著 ($P > 0.05$),室外、道路与岩洞之差异非常显著 (P 均 < 0.001)。故地表 γ 辐射水平(以下简

表 1 柳州地区各场所地表 γ 辐射水平

场 所	样 本 量	范 围 ($\mu\text{R/h}$)	平均值 $\pm$ 标准差 ($\mu\text{R/h}$)	空气中平均吸收剂量 (mrad/a)
室外	246(块)	2.0—20.6	9.6 ± 3.2	73.4
室内	639(间)	4.8—54.5	14.7 ± 6.1	112.4
道路	285(段)	2.3—20.4	9.1 ± 3.7	69.6
岩洞	14(点)	0.7—6.7	2.8 ± 1.6	21.4

称辐射水平)是室内 $>$ 室外 $\approx$ 道路 $>$ 岩洞。由于室内受来自地表和建材中放射性核素的多向辐射,使辐射水平较高;岩洞是由放射性较低的石灰岩构成并对宇宙线有屏蔽作用,故辐射水平较低。

本调查抽测的田间、耕地和荒地分别占 17.5%、45.5% 和 37.0%, 测点密度为 1 个/147km², 布点较均匀,能够代表本地区的地面状况;测量时,采用了国内通用的方法和仪器,所得数据均经修正和统计处理,故测量结果基本上反映了本地区的辐射水平。目前本地区尚无核能的开发和应用,放射性核素应用仍较少,所得结果可作为天然环境 γ 外照射量率本底的参考数据。

2. 环境 γ 辐射水平的分布

根据本地区所处地理位置和海拔高度,得出测量点上宇宙辐射致电离成份的等效照射量率为 3.34—4.10 $\mu\text{R/h}$, 平均为 3.42 $\mu\text{R/h}$, 室内为 2.8 $\mu\text{R/h}$, 波动不大。室外辐射水平略高于河北省^[2], 明显低于广东高本底地区^[3]。但各县的辐射水平有所波动,柳东的金秀、武宣和柳北的融安、融水四县较高,分别为 12.0、11.0、11.7、10.7 $\mu\text{R/h}$, 与其它各县的差异均非常显著(P 均 <0.01); 柳州市、来宾、象州三县市较接近,分别为 10.2、9.3、9.2 $\mu\text{R/h}$; 忻城、三江、柳江、柳城、鹿寨五县较低,分别为 8.9、8.8、8.2、8.0 和 7.6 $\mu\text{R/h}$ 。即使是同一县其辐射水平仍有波动,如武宣县的最高值与最低值相差 6.3 倍。鉴于这种情况,将室外辐射水平按其高低分成四组(见表 2),其差异非常显著 ($F = 1190$, $P < 0.01$)。

且各组均数彼此间也有非常显著性差异 (P 均 <0.01)。故可将本地区辐射水平分成四个区域。这就可避免按行政区分区不能反映出同一区域内辐射水平仍有波动的不足,对估算群体剂量和开展天然辐射一反应的流行病学调查是适宜的。图 1 为全部测点测量值的频数分布,对之采用正态性 D 检验法^[4] 进行检验,表明基本呈正态分布 ($D = 0.2783$, $P > 0.1$)。

表 2 室外地表 γ 照射量率 ($\mu\text{R/h}$)

组别	测量点数	范 围	均值 $\pm S$
A	37	2.0—6.4	5.5 ± 1.0
B	80	6.5—9.4	8.0 ± 0.9
C	75	9.5—13.4	11.1 ± 1.1
D	26	13.5—20.6	15.7 ± 2.0

表 3 不同岩石地面 γ 照射量率 ($\mu\text{R/h}$)

地面	测量块数	范 围	均值 $\pm S$
砂页岩	96	5.4—15.9	9.9 ± 2.4
石灰岩	66	2.8—14.8	8.3 ± 2.8
硅质岩	37	2.0—20.6	9.6 ± 2.7
其 它	11	6.4—17.7	10.6 ± 5.0

3. 岩石对地表 γ 辐射水平的影响

表 3 的结果表明,不同岩石地面的辐射水平差异非常显著 ($F = 3.65$, $P < 0.01$)。其中“其它”与石灰岩差异非常显著 ($P < 0.01$),砂页岩、硅质岩与石灰岩差异显著 (P 均 <0.05),其余各类岩石间差异不显著(P 均

> 0.05).

有文献^[5]指出:放射性元素的含量,在岩浆岩(如花岗岩)中含量最大,在石灰岩中最小。几种岩石所含核素浓度如表 4 所示。本文“其它”栏中主要是花岗岩,因而它对地表 γ 辐射的贡献较大,砂页岩次之,石灰岩最小,这与其核素含量相一致。可认为岩

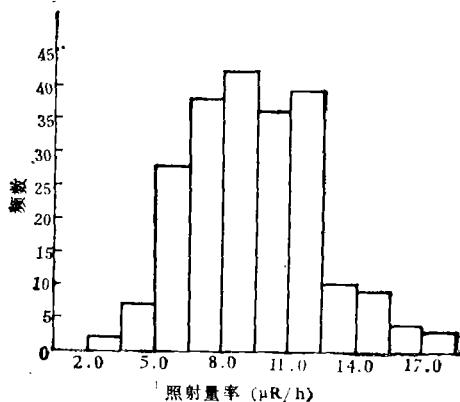


图 1 室外地表 γ 辐射频数直方图

表 4 几种岩石中放射性核素含量

岩石	放射性核素含量				四种核素 γ 线年剂 量之和 (mrad)
	^{226}Ra (10^{-12}g/g)	^{238}U (10^{-6}g/g)	^{232}Th (10^{-6}g/g)	^{40}K (10^{-2}g/g)	
岩浆岩	1.3	4.0	1.2	2.6	121.2
砂岩	0.7	1.2	6.0	1.1	53.7
页岩	1.1	1.2	10.0	2.7	94.3
石灰岩	0.4	1.3	1.3	0.3	23.0

表 5 不同建材室内 γ 照射量率 ($\mu\text{R/h}$)

建材名称	测量 间数	范 围	均值 $\pm s$
火砖	274	4.8—23.2	14.3 $\pm$ 3.2
煤灰砖	24	15.8—32.0	24.9 $\pm$ 4.2
水泥砖	18	6.2—11.9	7.2 $\pm$ 3.0
泥墙	225	5.0—54.5	16.4 $\pm$ 8.7
木板	35	7.1—17.2	10.2 $\pm$ 3.1
石头	63	4.9—16.8	9.2 $\pm$ 2.6

石分布是影响辐射水平的重要因素之一。

4. 建筑材料对地表 γ 辐射水平的影响

不同建材室内的辐射水平如表 5 所示。其差异非常显著 ($F = 110$, $P < 0.01$)。各均值彼此间的差异除木板房与石头房不显著 ($P > 0.05$) 外,其余均非常显著 (P 均 < 0.01)。其中煤灰砖房最高,比其它建材高 0.5—2.4 倍。这与煤灰中核素浓度较高(如中国萍乡煤灰中铀的浓度约为原煤的 10 倍)及煤灰砖房内空气中 ^{222}Rn 及其子体浓度高于非煤灰砖房^[6]有关。而水泥砖房和石头房辐射水平较低,是这些材料系石灰岩,核素浓度较低的缘故。为使照射保持在尽可能低的剂量水平,就目前的技术和经济水平,可以减少或避免使用放射性高的建材,石头和水泥砖辐射水平低,来源广,可多采用。

不同材料的路面其辐射水平差异非常显著 ($P < 0.01$)。表 6 表明沥青路辐射水平最低,三合土路最高。

表 6 不同路面的 γ 照射量率 ($\mu\text{R/h}$)

路 面	测量 段数	范 围	均值 $\pm S$
沥青路	77	4.0—12.4	6.4 $\pm$ 1.9
混凝土路	22	5.4—15.1	8.1 $\pm$ 2.4
三合土路	17	5.5—27.5	12.2 $\pm$ 5.8
砂土路	169	2.3—20.4	9.9 $\pm$ 3.7

5. 天然 γ 辐射致居民年有效剂量当量估算

年有效剂量当量采用下式计算:

$$H_{\text{eff}} = (cq\dot{D}_0)_{\text{室外}} + (cq\dot{D}_0)_{\text{室内}}$$

式中 H_{eff} 为年有效剂量当量 (mrem), c 为由空气吸收剂量率 ($\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$) 转换成年有效剂量当量的因子, 地球 γ 辐射 $c = 6.13 \text{ mrem} \cdot \mu\text{rad}^{-1} \cdot \text{h}$, 宇宙线致电离成份 $c = 8.76 \text{ mrem} \cdot \mu\text{rad}^{-1} \cdot \text{h}$; $\dot{D}_0$ 分别为地球 γ 室内、外及宇宙线致电离成份室内、外空气吸收剂量率 ($\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$); q 为居住因子, 城镇

