

研究报告

西安市郊土壤-麦、面系统放射性核素的转移特点及产生的剂量

庞巨丰 郑桂芳 刘庆表

(陕西省预防医学研究所核保健物理研究室)

前两文^[1-2]我们已采用 Ge(Li) γ 谱和 Ge(Li) 反康普顿 γ 谱分析技术,对西安市郊 24 个农村人民公社的荒地和耕地土壤以及小麦、面粉中的主要天然放射性核素和裂变核素 ^{137}Cs 进行了分析,获得了土壤、小麦和面粉中放射性核素的含量,给出了 24 个公社土壤、小麦和面粉中主要放射性核素浓度的平均水平以及随地域的分布图^[1]。然而,这是不够的。更重要的是要研究这些放射性核素频数随浓度的分布特点,从土壤(包括施用肥料和灌溉水)到粮食(小麦)到人体的转移特点及所致的内、外照射剂量。

因此,本文的目的是,以各种放射性核素在土壤、小麦和面粉中的浓度数据为基础,把西安地区作为一个总体,应用电子计算机进行统计学分析,试图获得这些核素浓度的频数分布特点、转移特点以及估算辐射剂量。

一、放射性核素浓度的频数分布特点

对于西安市郊 24 个公社荒地土壤、耕地土壤(是土壤、灌溉水和施用肥料的总和)以及小麦中各种主要放射性核素 (^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 和总 β) 含量数据,进行分组,获得不同浓度范围内的频数(数据个数)。

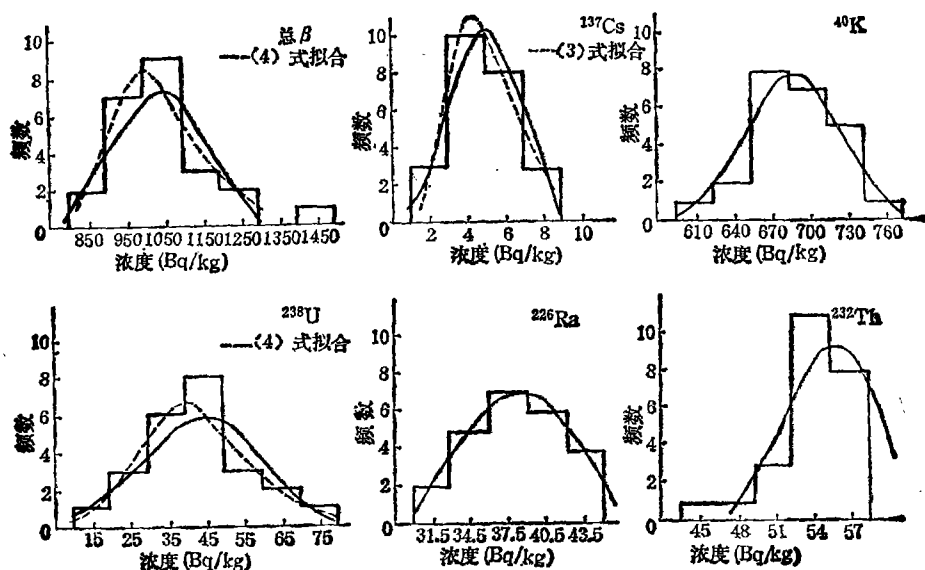


图1 西安市郊耕地土壤中各种放射性核素浓度的频数分布
实线为正态函数拟合结果;虚线为偏态或对数正态函数拟合结果

频数随浓度的分布,选择耕地土壤为例示于图1。对于这些频数分布图,用如下几个函数进行最小二乘法拟合:

(一) 正态分布函数

$$y = y_0 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (1)$$

为了简化拟合程序,将(1)式两边取对数作残差最小二乘法拟合(式(3)、(4)、(5)也如此):

$$\ln y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \quad (2)$$

(二) 对数正态分布函数^[2]

$$y_G = y_{G0} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\lg x - \lg \bar{x}_G}{\lg \sigma_G} \right)^2 \right] \quad (3)$$

其中, $\bar{x}_G$ 为几何平均值, σ_G 为几何标准差。

(三) 偏态分布和对数偏态分布函数

$$y = y_0 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right)^2 \right] \exp(a_3 x^3) \quad (4)$$

$$y_G = y_{G0} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\lg x - \lg \bar{x}_G}{\lg \sigma_G} \right)^2 \right] \times \exp[a_3 (\lg x)^3] \quad (5)$$

为了比较(1)、(3)、(4)和(5)式拟合的优劣,定义一个拟合优度 χ^2 为:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{[y_i - y(x_i)]^2}{y(x_i)} \quad (6)$$

用(1)、(3)、(4)和(5)式对频数随核素浓度分布的数据作最小二乘法拟合的计算机程序框图示于图2。各函数对各种放射性核素

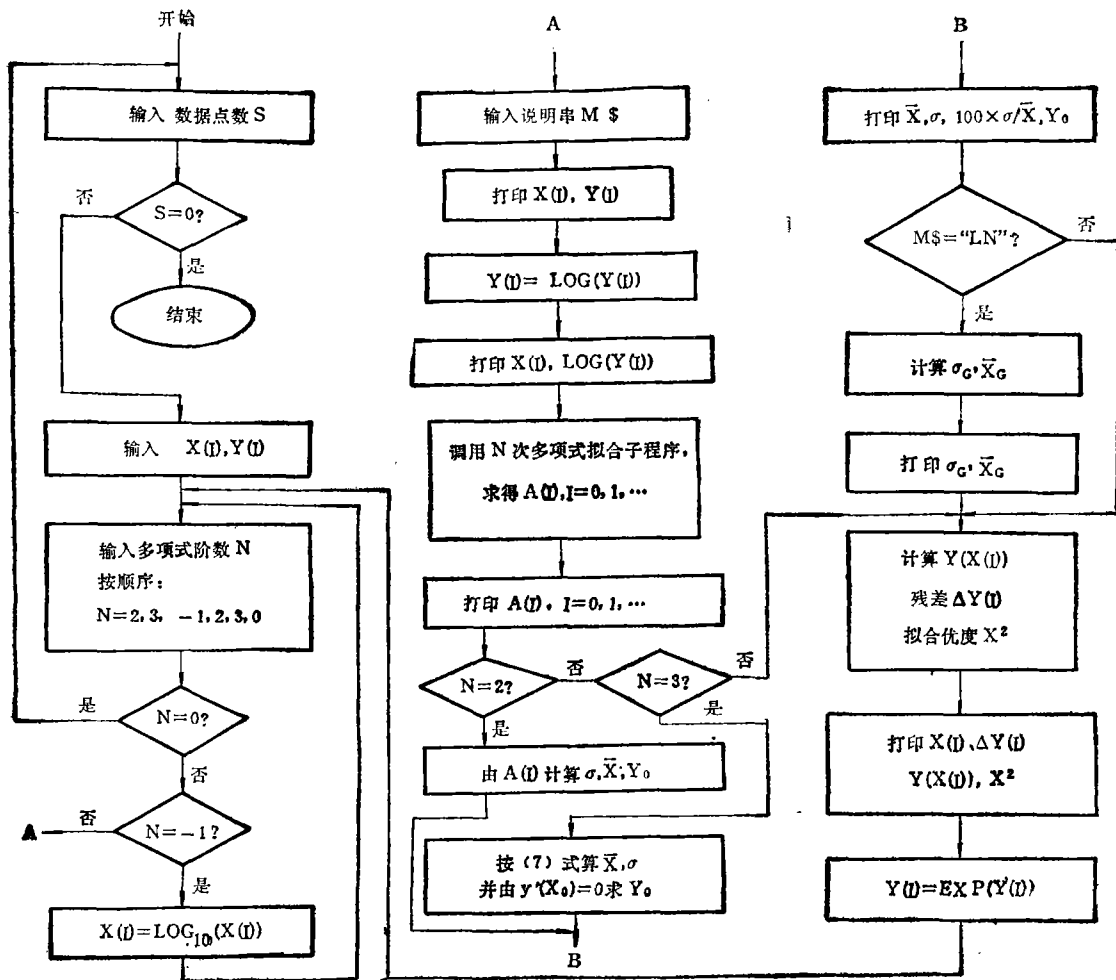


图2 正态、对数正态函数、偏态和对数偏态函数拟合程序框图

表 1 不同函数对 24 个公社土壤小麦中核素浓度频数分布的拟合优度 χ^2

样 品	拟合函数	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	总 β
荒地土壤	(1)式	2.234	0.0916	0.7658	1.181	0.3174	0.0592
	(3)式	4.309	0.3981	很坏	4.574	1.497	21.00
	(4)式	很坏	0.0913	很坏	0.3339	4.95×10^{-10}	很坏
	(5)式	3.995	3.533	2.074	很坏	1.76×10^{-5}	2.036
耕地土壤	(1)式	1.563	0.0180	1.154	1.033	0.1884	1.477
	(3)式	2.416	30.53	很坏	20.17	0.1681	59.69
	(4)式	1.000	很坏	7.349	1.017	1.28×10^{-8}	0.6149
	(5)式	1.103	0.3297	5.344	很坏	1.68×10^{-7}	12.09
小 麦	(1)式	0.0223	3.547	0.2813	0.0538	13.43	3.456
	(3)式	0.3512	7.013	1.425	14.59	2.663	3.915
	(4)式	3.87×10^{-8}	3.286	0.0220	很坏	1.468	2.940
	(5)式	5.36×10^{-9}	1.100	0.0133	1.492	0.1314	3.769

表 2 西安市郊 24 个公社土壤、小麦中核素浓度频数分布最佳拟合结果

样品	参 量	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	总 β
荒地土壤	最佳拟合函数	(1)式	(4)式	(1)式	(4)式	(1)式	(1)式
	$\bar{x}$ 或 $\bar{x}_G(\text{Bq/kg})$	41.55	36.52	54.10	687.0	4.41	1112.8
	σ 或 $\sigma_G(\text{Bq/kg})$	6.24	3.25	2.77	18.7	2.08	113.5
	y_0 或 y_{G0}	9.01	8.69	9.99	6.89	9.36	8.66
耕地土壤	最佳拟合函数	(4)式	(1)式	(1)式	(4)式	(3)式	(4)式
	$\bar{x}$ 或 $\bar{x}_G(\text{Bq/kg})$	43.14	36.84	55.74	688.3	4.04	1040.9
	σ 或 $\sigma_G(\text{Bq/kg})$	15.1	4.91	3.59	36.0	1.55	118.7
	y_0 或 y_{G0}	6.40	6.86	9.37	7.61	10.78	8.08
小 麦	最佳拟合函数	(1)式	(5)式	(5)式	(1)式	(5)式	(4)式
	$\bar{x}$ 或 $\bar{x}_G(\text{Bq/kg})$	0.121	0.140	0.116	113.8	0.060	123.4
	σ 或 $\sigma_G(\text{Bq/kg})$	0.081	0.030	0.034	9.76	0.015	14.7
	y_0 或 y_{G0}	6.70	9.04	9.04	8.03	11.8	5.11

频数分布的拟合优度 χ^2 值如表 1 所列。从表中的数据可知,在土壤中大多数放射性核素浓度和总 β 的频数分布服从正态分布或式(4)的偏态分布。只有个别核素(如耕地土壤中的 ^{137}Cs)浓度的频数分布用对数正态函数拟合更好些。小麦中一部分核素浓度和总 β 的频数分布服从正态分布,而另一部分核素如 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{137}Cs 浓度的频数分布更加符合式(5)的对数偏态分布。

用(1)、(3)、(4)和(5)式的分布函数对荒地、耕地土壤和小麦中各种放射性核素浓度频数分布的最佳拟合结果,如表 2 所列。其

中,用偏态或对数偏态分布函数拟合时,均值和标准差是按下面公式求得的:

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{N_s} \int_b^a xy(x)dx \\ \sigma^2 = \frac{1}{N_s} \int_b^a (x - \bar{x})^2 y(x)dx \\ N_s = \int_b^a y(x)dx \end{cases} \quad (7)$$

此处, N_s 为归一化因子。利用辛甫生数值积分公式^[3],即可求出(7)式中的积分值。最大频数值,即峰值 y_0 ,是用一阶导数为 0 的位置 x_0 所对应的函数值 $y_0 = y(x_0)$ 求得。

表 3 西安市郊 24 个公社土壤、小麦中核素含量统计计算结果

样品	参 量	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	总 β
荒地土壤	算术平均(Bq/kg)	41.7 $\pm$ 6.5	36.9 $\pm$ 2.9	54.0 $\pm$ 2.9	685 $\pm$ 24	5.4 $\pm$ 2.2	1109 $\pm$ 108
	中位数 (Bq/kg)	41.3	37.2	54.4	686	5.0	1104
	极差 (Bq/kg)	28.5	12.2	14.4	118	9.7	411
	偏度值	-0.2815	0.4930	-0.8013	-1.061	1.559	0.6123
	峰度值	3.136	3.538	4.597	4.760	6.446	2.586
	正态检验 W 值	0.9717	0.9517	0.9456	0.9277	0.8470	0.9506
	P 值	>0.50	>0.10	>0.10	>0.05	<0.01	>0.10
	几何平均(Bq/kg)	41.1 $\pm$ 1.2	36.8 $\pm$ 1.1	53.9 $\pm$ 1.1	684 $\pm$ 1	5.1 $\pm$ 1.4	1104 $\pm$ 1
	几何偏度	-0.7625	0.1580	-0.9184	-3.264	0.4083	0.5722
	几何峰度	3.571	11.14	+17.80	1719	2.827	22.58
	对数正态 W 值	0.9426	0.9586	0.9269	0.9154	0.9384	0.9644
	P 值	>0.10	>0.10	>0.05	<0.05	>0.10	>0.50
耕地土壤	算术平均(Bq/kg)	43.1 $\pm$ 12.9	36.4 $\pm$ 3.3	53.7 $\pm$ 2.9	688 $\pm$ 32	5.5 $\pm$ 1.9	1056 $\pm$ 127
	中位数(Bq/kg)	42.4	36.6	54.2	690	5.2	1032
	极差(Bq/kg)	52.2	13.3	13.0	141	7.4	577
	偏度值	0.3282	-0.4077	-1.167	-0.1271	0.4710	1.422
	峰度值	2.830	2.806	4.320	2.925	2.716	5.739
	正态检验 W 值	0.9785	0.9676	0.9130	0.9870	0.9626	0.8849
	P 值	>0.50	>0.50	<0.05	>0.50	>0.10	<0.02
	几何平均(Bq/kg)	41.2 $\pm$ 1.4	36.2 $\pm$ 1.1	53.6 $\pm$ 1.1	687 $\pm$ 1	5.1 $\pm$ 1.4	1050 $\pm$ 1
	几何偏度	-0.5137	-0.6221	-1.305	-1.959	-0.4255	0.9916
	几何峰度	3.243	1.478	5.715	494.2	3.087	5.682
	对数正态 W 值	0.9735	0.9544	0.8922	0.9796	0.9734	0.9285
	P 值	>0.50	>0.10	<0.02	>0.50	>0.50	>0.05
小麦	算术平均(Bq/kg)	0.124 $\pm$ 0.125	0.136 $\pm$ 0.053	0.123 $\pm$ 0.054	115 $\pm$ 16	0.042 $\pm$ 0.025	119 $\pm$ 22
	中位数(Bq/kg)	0.094	0.135	0.117	114	0.043	121
	极差(Bq/kg)	0.40	0.217	0.249	69	0.102	96.5
	偏度值	0.9518	-0.2909	0.3339	0.0391	0.2269	-0.4122
	峰度值	2.942	2.977	3.551	2.973	3.175	3.228
	正态检验 W 值	0.8619	0.9638	0.9657	0.9844	0.9419	0.9543
	P 值	<0.01	>0.50	>0.50	>0.50	>0.10	>0.10
	几何平均(Bq/kg)	0.125 $\pm$ 2.33*	0.121 $\pm$ 1.78	0.102 $\pm$ 2.47	113.8 $\pm$ 1.2	0.044 $\pm$ 1.62*	116.4 $\pm$ 1.2
	几何偏度	-0.6695*	-1.863	-3.407	-0.3376	-1.076*	-0.9735
	几何峰度	3.162*	6.255	15.42	2.007	5.609*	3.616
	对数正态 W 值	0.9500*	0.7759	0.5982	0.9767	0.8934*	0.9097
	P 值	>0.10*	<0.01	<0.01	>0.50	<0.05*	<0.05

* 几何平均等值的计算不包括 $<\text{MDA}$ 的数据。

此外,在图 1 中用光滑的曲线示出了各种核素频数随浓度的正态分布。图中的虚线是比正态函数拟合得更好的其它函数分布曲线。

为了进一步证实土壤、小麦中各种核素浓度的频数分布特点,再用文献[2]中给出的

偏度、峰度以及 W 正态性检验的概念,又编写了一个计算机程序,各参量的计算结果列于表3。若取置信限 $\alpha = 0.05$ 时,由表3所列的偏度、峰度和 W 值可见,大部分核素和总 β 在土壤、小麦中的浓度的频数分布符合或基本符合正态分布,只有个别核素如 ^{137}Cs 较符

合对数正态分布。此外,荒地土壤中的 ^{40}K 、耕地土壤中的总 β 离正态分布较远些,可能是偏态分布,这些结果与函数拟合的结果是一致的。但必须指出,从表3所列数据可见,单纯用 W 检验确定分布的正态(或对数正态)性是不可取的。

二、放射性核素的转移特点

研究放射性核素的转移特点,有利于我们掌握各种放射性核素从环境到人体的转移过程,从而估计环境放射性对人类的影响。过去,研究放射性核素在土壤-植物系统中的转移,只限于人为的实验工作。我们第一次利用大自然的环境系统来研究一些主要核素在土壤-小麦、面粉系统中的转移。为了研究西安市郊各种放射性核素在该系统中的转移特点,考虑两个方法:

(一) 各种核素从土壤到小麦、面粉的相

表4 西安市郊主要核素的平均浓度及其在土壤-小麦面粉中的转移系数

参 量	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	总 β
耕地算术平均浓度(Bq/kg)	43 ± 13	36.4 ± 3.3	53.7 ± 2.9	688 ± 32	5.5 ± 1.9	1056 ± 127
耕地拟合平均浓度(Bq/kg)	43 ± 15	36.8 ± 4.9	55.7 ± 3.6	688 ± 36	5.0 ± 1.9	1041 ± 119
小麦算术平均浓度(Bq/kg)	0.124 ± 0.125	0.136 ± 0.053	0.123 ± 0.054	115 ± 16	0.042 ± 0.025	119 ± 22
小麦拟合平均浓度(Bq/kg)	0.121 ± 0.081	0.140 ± 0.030	0.116 ± 0.034	114 ± 10	0.060 ± 0.015	123 ± 15
面粉算术平均浓度(Bq/kg)	0.18 ± 0.19	0.167 ± 0.024	0.162 ± 0.043	86.9 ± 0.5	0.040 ± 0.021	97.2 ± 3.2
算术 T_{fw} (小麦)	2.88×10^{-3}	3.74×10^{-3}	2.29×10^{-3}	0.167	7.64×10^{-3}	0.113
拟合 T_{fw} (小麦)	2.81×10^{-3}	3.80×10^{-3}	2.08×10^{-3}	0.166	0.0120	0.118
算术 T_{fp} (面粉)	4.19×10^{-3}	4.59×10^{-3}	3.02×10^{-3}	0.126	7.27×10^{-3}	0.0920

移,不能忽视。因此,表中给出的 ^{137}Cs 的转移系数可能偏高些。

(二) 各种核素从土壤到小麦、面粉的绝对转移

这里所谓绝对转移是指每种放射性核素在麦地里的总量转移到小麦中的份额。即:

$$\eta = \frac{Q_{wt}(Bq)}{Q_{ut}(Bq)} \quad (9)$$

其中: Q_{wt} 为每亩小麦中的总活度, Q_{ut} 为每亩耕地中的总活度。天然放射性核素在土壤中的分布是均匀的^[3];而人工核素 ^{137}Cs 在

对转移

首先定义从土壤到小麦(或面粉)的转移系数:

$$T_f = \frac{Q_w(Bq/kg)}{Q_s(Bq/kg)} \quad (8)$$

此处, Q_w 和 Q_s 分别为小麦(或面粉)和土壤中放射性浓度,单位均为 Bq/kg 。由不同方法求得的平均浓度以及按(8)式算得的转移系数同时列于表4。表中的数据说明, ^{40}K 转移系数最大,其次是 ^{137}Cs ;也就是说,可溶性的元素更容易转移到粮食中;对于天然的铀、镭、钍, ^{226}Ra 在小麦中富集得多一些。需要指出的是,人工放射性核素 ^{137}Cs ,除了从土壤中转移到小麦中之外,还有可能通过雨水将大气中裂变碎片携带沉降至小麦上而被吸收。春季沉降高峰期正是小麦抽穗的时期,1982年采小麦时,又正是我国1980年10月核试验后仅一年多时间,这种直接途径的转

荒地土壤中的浓度随深度是衰减的^[1]。但对于多次耕作过的耕地,在0—10cm深人工放射性核素的分布是均匀的,并占总量的85%^[4],余下基本上分布于10—15cm土层内。我们耕地土壤采样深度是0—10cm,得干土壤 $128.7\text{kg/m}^2 \cdot 10\text{cm}$ 深,每亩干土壤为 $85804.3\text{kg/亩} \cdot 10\text{cm}$ 深。考虑到小麦生长深度 $\sim 15\text{cm}$,除 ^{137}Cs 采用深度加权计算外,其它核素均用均匀分布计算,估求得每亩耕地中各种核素的总活度列于表5。同时,从西安市统计局获悉,西安市城郊1982

表 5 西安市郊平均每亩耕地、小麦、面粉中放射性核素总量及其转移份额

样品	求平均 浓度法	参 量	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	总 β
耕地	算术 拟合	$Q_{wt}(\times 10^6 \text{Bq})$	4.428	3.748	5.529	70.84	0.5080	108.7
		$Q_{wt}(\times 10^6 \text{Bq})$	4.428	3.789	5.735	70.84	0.4618	107.2
小麦	算术 拟合	$Q_{wt}(\text{Bq})$	28.27	31.01	28.04	26220	9.576	27132
		$Q_{wt}(\text{Bq})$	27.59	31.92	26.45	25992	13.68	28044
面粉	算术	$Q_{Fi}(\text{Bq})$	33.24	30.84	29.92	16049	7.387	17951
小麦	算术 拟合	$\eta_w(\times 10^{-6})$	6.384	8.274	5.071	370.1	18.85	249.6
		$\eta_w(\times 10^{-6})$	6.231	8.424	4.784	366.9	29.62	261.6
面粉	算术	$\eta_F(\times 10^{-6})$	7.507	8.228	5.411	226.6	14.54	165.1

表 6 西安市郊土壤中各种放射性核素在离地面 1m 处产生的空气剂量及个体器官剂量

空气或器官	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{40}K
	加 Ra 前子体	加子体	加子体		
剂量转换因子 ($\times 10^{-2} \text{mGy/a/Bq/kg}$)	4.14×10^{-3}	0.372	0.583	10.32*	0.037
空气年吸收剂量 ($\times 10^{-2} \text{mGy/a}$)	0.178	13.6	31.3	0.378**	25.5
人体主要器官年剂量当量:					
睾丸 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.067	4.11	13.1	0.265	9.94
卵巢 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.037	3.45	13.4	0.115	9.63
子宫 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.036	3.34	12.4	0.174	9.04
骨骼 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.104	5.46	18.8	0.301	14.0
黄骨髓 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.114	5.71	19.5	0.317	14.6
红骨髓 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.095	5.06	17.1	0.282	12.8
肺 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.062	4.53	16.0	0.240	11.8
全身 ($\times 10^{-2} \text{mSv/a}$)	0.073	4.80	17.0	0.256	12.5

* 单位为 ($\times 10^{-2} \text{mGy/y/Bq/cm}^2$); ** 用 0—5cm 表面土壤浓度计算结果。

年小麦亩产平均为 228 kg/亩。则求得每亩小麦、面粉中放射性核素的含量(如表 5)。最后按(9)式求得绝对转移份额也列于表 5。可见, ^{238}U 、 ^{226}Ra 和 ^{232}Th 转移到小麦、面粉中只有(5—8/百万); ^{137}Cs 转移(2/10 万)左右; ^{40}K 转移最多,约(2—4/万)。

三、辐射剂量的估算

辐射剂量显然包括西安地区土壤中的放射性核素所致的外照射剂量和食入面粉中放射性核素所致的内照射剂量。

(一) 土壤中放射性核素所致外照射剂量

根据 Beck 等^[5]给出的换算因子,我们算出了离地面 1m 处,天然放射性核素在土

壤中的浓度 Bq/kg 与空气中年吸收剂量 mGy/a 之间的换算因子。对 ^{137}Cs 给出了 Bq/cm (表面) 与 mGy/a 之间的换算因子(表 6)。由这些因子算得西安城郊土壤中放射性核素于离地面 1m 处的空气年吸收剂量,如表 6 所列。此外,由文献[6]提供的污染地表面上 1m,受照射的各个器官 r 剂量率转换因子($\text{mR}_{\text{cm}}/\text{a}/\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$),并假定 0—2 cm 深的表层土壤为地表面,求得土壤中几种主要放射性核素,对居民个体主要器官所致的外照射年剂量当量,同时列于表 6。可见,西安地区天然辐射体对剂量的作用主要是 ^{232}Th , 其次是 ^{40}K 。

(二) 面粉中放射性核素所致内照射剂量

在内照射的情况下,我们关心的是放射性核素摄入后对人体或器官产生的总剂量—剂量当量负担或约定剂量当量。不管是单次摄入还是多次摄入,只要知道各种情况下放射性核素总的摄入量 I ,即可按照(10)式算得相应的有效约定剂量当量^[7]:

$$H_{50,E} = I \sum_T W_T h_{50,T} \text{ (Sv)} \quad (10)$$

式中: $W_T h_{50,T}$ 为第 T 个器官相对危险度权重因子与约定剂量当量之乘积,从文献[7]的附录 6 中可查到主要核素的数据。对于均匀

连续摄入:

$$I = \bar{I} \cdot t \text{ (Bq)} \quad (11)$$

此处, $\bar{I}$ 为放射性核素的恒定摄入率 (Bq/d)。

西安市城郊居民的主要主食是面粉,约占 80%。假定吃面粉属于均匀连续摄入,则可算得居民由于吃面粉摄入的各种核素,对个体产生的有效约定剂量当量列于表 7。其中 ^{40}K 的 $W_T h_{50,T}$ 是由文献[8]给出的数据。从表中数据可见,一个居民一生吃面所接受的内照射有效约定剂量当量大约为

表 7 西安市郊居民食入面粉的放射性核素总活度及所致有效约定剂量当量

参 量	器 官	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{137}Cs	^{40}K
$W_T h_{50,T}$ (Sv/Bq)	红骨髓	8.2×10^{-9}	7.2×10^{-8}	1.8×10^{-7}	1.6×10^{-9}	/
	骨表面	3.0×10^{-8}	2.1×10^{-7}	5.6×10^{-7}	/	/
	肾	2.5×10^{-8}	/	/	/	/
	性腺	/	2.3×10^{-8}	/	3.5×10^{-9}	/
	乳腺	/	/	/	1.9×10^{-9}	/
	肺	/	/	/	1.5×10^{-9}	/
	甲状腺	/	/	/	3.8×10^{-10}	$5.1 \times 10^{-9**}$
成人年食入(面) I (Bq)		20.4	22.3	20.2	6.90	1.89×10^4
$H_{50,E}$ (mSv)		1.29×10^{-3}	6.80×10^{-3}	1.49×10^{-3}	6.1×10^{-3}	9.64×10^{-2}

* 为 $\Sigma W_T h_{50,T}$ ^[8]

0.119 mSv。

四、小 结

通过用 Ge(Li) γ 谱和 Ge(Li) 反康普顿 γ 谱分析技术,对西安城郊 24 个公社的土壤、小麦和面粉做了分析。对其结果进行了多种统计学处理;计算了各种天然放射性核素和 ^{137}Cs 的转移系数;所致居民内、外照射剂量。结果表明:

(1) 土壤和小麦中大多数天然放射性核素和 ^{137}Cs 浓度和总 β 的频数分布服从正态分布或式(4)的偏态分布。少数核素浓度的频数分布较符合式(5)的对数偏态分布。个别核素(如耕地土壤中的 ^{137}Cs)用对数正态分布拟合稍好一些。并且,单纯用 W 检验确定分布的正态性(或对数正态性)是不可取

的,还应该计算分布的偏度和峰度,综合判断。

(2) 各种放射性核素中,可溶性核素(如 ^{40}K 和 ^{137}Cs)更容易从土壤转移到小麦。 ^{238}U 、 ^{226}Ra 和 ^{232}Th 中, ^{226}Ra 在小麦、面粉中富集得更多些。从绝对转移来看,小麦、面粉中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 和 ^{232}Th 只占耕地中的 (5—8/百万); ^{137}Cs 约占 (2/10 万); ^{40}K 约占 (2—4/万)。

(3) 西安城郊土壤中的放射性核素,在距地面 1 m 处产生的空气年吸收剂量约为 0.71 mGy/a,其中 ^{232}Th 的作用最大,约 0.31 mGy/a。个体居民器官所受外照射年剂量当量,黄骨髓最高,约为 0.40 mSv/a;性腺约为 0.27 mSv/a。由于吃面粉食入的各种放射性核素,所致居民个体的内照射有效约定剂量当量约为 0.119 mSv。

参 考 文 献

- [1] 庞巨丰等, 中华放射医学与防护杂志, 4(6), 33 (1984).
- [2] 高玉堂, 环境监测常用统计方法, 32 页, 原子能出版社, 1980.
- [3] 数学手册编写组, 数学手册, 291 页, 人民教育出版社, 1979.

- [4] 二机部环保教材编写组, 核工业环境保护 (上册), 69 页, 1982.
- [5] Beck H. L. et al., HASL-258, (1972).
- [6] Kocher D. C., *Health Physics*, 38 (4), 543 (1980).
- [7] 李士骏, 电离辐射剂量学, 266 页, 原子能出版社, 1981.
- [8] GB4792-84

居民对环境的感应研究

——对厦门经济特区的调查分析

黄 国 和

(厦门市环境保护科学研究所)

一、引 言

在城市环境问题研究过程中, 人们常常偏重于自然科学方面的探索, 而很少能从社会学角度, 如公众的要求方面加以深入探讨和分析。事实上, 公众眼里城市的形象, 其理想中生活环境的面貌, 以及他们对城市建设和环境现状的直觉看法和愿望等等, 均从不同的侧面反映了这个城市所应有的环境状况。因此, 在城市环境规划研究过程中, 只有结合考虑这方面因子, 才可能使制订的环境规划方案既科学合理, 又顺应民意。

显然, 现今地球上的自然环境多受到人类活动的影响。人类改造自然, 改变了环境, 而环境也同样反过来影响人类。这种反馈现象, 在自然面貌被彻底改观的城市环境中表现尤为显著。同样的环境影响在不同人头脑中有各种不同的反映——感应, 故每个人对环境的主观认识和相应的行为是各不相同的。但对一定的人群集团来说, 其统计效果却有一定的规律性^[1-3]。因此, 我们完全可通过统计研究, 以发现其内在联系及变化规律。

近年来, 国外一些地理学家, 如 Ambrose

和 Appleyard 等^[4,5], 对此作了一些探讨, 但还仅限于人文地理学方面。有关环境方面问题的研究报道国内外均尚不多见。为此, 本文尝试提出一种研究这方面问题的人文学的方法。通过在厦门经济特区的一次调查, 对此进行系统的研究分析, 并探讨研究结果在城市环境规划工作中的实际应用。显然, 在特区大量引进工业和旅游服务业迅速兴起发展的今天, 进行这方面研究无疑具有重要现实意义^[6]。

二、厦门经济特区概况

厦门位于福建省东南部, 是该省第二大城市, 也是福建南部的政治、经济、文化和交通中心。全市面积 1510.64km², 人口 96.98 万。其中本岛部分 (128.51km²) 是城市的主体, 由高集海堤与大陆相连 (见图 1), 并与金門岛隔海相望。

自 1980 年 10 月中央确定厦门市为经济特区后, 这里的城市建设和对外经济活动迅速发展, 开发建设了湖里、东渡和员当等三个新市区及厦门国际机场。城市面貌因此大大改观。然而, 在经济发展的同时, 也带来一系