

李德平 潘自强 主编

# 环境辐射水平与评价

第二次全国辐射水平与评价学术交流会资料选编

中国核学会辐射防护学会

# 环境辐射水平与评价

(第二次全国环境辐射水平与评价学术交流会资料选编)

李德平 主 编  
潘自强

中国核学会辐射防护学会

## 前 言

1984年11月25日至29日中国核学会辐射防护学会受中国环境科学学会和中国核学会的委托在石家庄市组织召开了第二次全国环境辐射水平与评价学术交流会，与会代表共163名（来自107个单位），会上共收到学术论文110篇，现从中选出26篇汇编成册，供广大环境保护和辐射防护工作者参考。

本选编包括我国一些地区的环境辐射水平和居民所受剂量的测量与评价、环境辐射监测方法、环境样品中放射性核素和放射性水平的分析和测定等方面的内容，总结了第一次全国环境辐射水平与评价学术交流会以来的研究成果，讨论了今后辐射环境学应用研究的方向和课题。

这次学术交流会的召开和本选编的出版，得到了国家环境保护局等部门的支持和资助。

参加本选编组织和审定工作的编辑组成员有：李德平(主编)、潘自强(主编)、李玉成、卢灿生、岳清宇、丁民德、郭明强、林莲卿、徐明达(责任编辑)、韩国光(责任编辑)

## 目 录

我国部分地区环境天然外照射 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的测量.....	(1)
杭州市环境外照射天然贯穿辐射剂量的测量及其评价.....	(10)
太原地区环境本底辐射水平的测量.....	(16)
武汉市环境外照射贯穿辐射剂量水平的测量及居民所受剂量的估算.....	(22)
贵州省放射性废物库区域环境天然放射性水平调查评价.....	(28)
环境本底辐射场的实验研究.....	(39)
中国原子能科学研究院环境 $\gamma$ 辐射水平的调查与评价.....	(47)
关于 FD-71 仪器在环境监测中使用的可能性的探讨.....	(53)
西藏甘巴拉山顶天然中子本底的测定.....	(59)
室内换气率的测定.....	(64)
用热释光氩子体个体剂量计监测环境氩氡子体浓度初探.....	(70)
适于环境辐射监测的片状高信噪比 LiF(Mg, Cu, P)热释光探测器.....	(77)
用 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ 剂量计测环境贯穿辐射照射量.....	(83)
大面积 $\alpha$ 屏栅电离室的某些应用.....	(93)
NaI(Tl)单晶 $\gamma$ 谱仪分析环境样品的方法.....	(99)
中国原子能科学研究院地区土壤中放射性核素含量的测定和外照射剂量计算.....	(103)
伊宁市生物样品中的放射性水平和居民 $^{226}\text{Ra}$ 摄入量.....	(109)
包钢高炉矿渣水泥建筑物致居民辐射剂量的评价.....	(113)
铝矿开发与利用所造成的辐射照射.....	(119)
海水中钷和镱的测定.....	(128)
中国原子能科学研究院周围居民摄入 $^{131}\text{I}$ , $^{125}\text{I}$ 的剂量评价.....	(136)
牛奶中 $^{131}\text{I}$ , $^{125}\text{I}$ 的测定.....	(142)
环境样品中天然 U, Th, Ra 的联合分析法.....	(151)
生物材料中 $^{55}\text{Fe}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{65}\text{Zn}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{95}\text{Zr}$ , $^{106}\text{Ru}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{144}\text{Ce}$ 的 联合分析.....	(159)
北京正负电子对撞机产生的感生放射性和天空反照对环境剂量的贡献.....	(167)
气载放射性物质释放对环境的影响和公众剂量计算方法及程序——AIRDOS 程序.....	(179)

## CONTENTS

MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL EXTERNAL RADIATION $\gamma$ DOSE RATE AT PART AREA IN CHINA.....	(9)
MEASUREMENT AND ASSESSMENT OF NATURAL BACKGROUND RADIATION IN HANGZHOU.....	(15)
MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL BACKGROUND RADIATION LEVEL IN TAIYUAN AREA.....	(21)
MEASUREMENT AND CALCULATION OF POPULATION ABSORBED DOSE FROM ENVIRONMENTAL EXTERNAL PENETRATING RADIATION IN WUHAN.....	(27)
INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NATURAL RADIATION LEVEL IN RADIOACTIVE REPOSITORY AREA OF GUEIZHOU PROVINCE.....	(37)
EXPERIMENTAL STUDY ON ENVIRONMENTAL BACKGROUND RADIATION.....	(45)
INVESTIGATION AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL $\gamma$ RADIATION LEVEL IN THE AREA OF INSTITUTE OF ATOMIC ENERGY.....	(51)
AN ENQUIRY OF POSSIBILITY OF USING THE FD-71 GAMMA RADIATION METER IN ENVIRONMENTAL MONITORING...	(57)
THE MEASUREMENT OF THE NATURAL NEUTRON AT THE TOP OF KAMBALA MOUNTAIN IN TIBET.....	(63)
DETERMINATION OF INDOOR AIR EXCHANGE RATE.....	(69)
A PRELIMINARY STUDY ON THE MONITORING OF CONCENTRATIONS OF RADON, THORON AND THEIR DAUGHTERS BY USING THERMOLUMINESCENT RADON DAUGHTERS DOSIMETER.....	(76)
HIGH SIGNAL-TO-NOISE RATIO THERMOLUMINESCENCE DOSIMETER LiF(Mg, Cu, P)TL DETECTORS IN CHIP FORM FOR ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING.....	(82)
MEASUREMENTS OF EXPOSURE FROM NATURAL PENETRATING RADIATION USING CaSO <sub>4</sub> : Dy DOSIMETER.....	(92)
SOME APPLICATION OF $\alpha$ GRID IONIZATION CHAMBER WITH LARGE AREA.....	(97)
AN ANALYTIC METHOD FOR ENVIRONMENTAL SAMPLES	

WITH SINGLE CRYSTAL NaI (TI) GAMMA SPECTROMETER.....	(102)
DETERMINATION OF RADIONUCLIDE CONTENTS IN THE SOIL AND CALCULATIONS OF EXTERNAL EXPOSURE RATES IN THE AREA OF INSTITUTE OF ATOMIC ENERGY .....	(108)
THE RADIOACTIVE LEVEL IN BIOLOGICAL SAMPLES AND THE INTAKE OF RADIUM-226 IN BODY OF INHABITANT IN YI-NING CITY .....	(112)
AN ASSESSMENT OF RADIATION DOSE TO RESIDENTS FROM BAOGON CEMENT BUILDING OF BLAST FURNANCE SLAG.....	(118)
RADIATION EXPOSURE CAUSED IN DEVELOPMENT AND UTILIZATION OF ALUMINIUM ORE.....	(127)
DETERMINATION OF PLUTONIUM AND AMERICIUM IN SEA WATER.....	(135)
DOSE ASSESSMENT RECEIVED BY THE POPULATION IN THE RANGE OF 20 km AROUND ATOMIC ENERGY INSTITUTE FROM INTAKE OF $^{131}\text{I}$ AND $^{125}\text{I}$ .....	(141)
DETERMINATION OF $^{131}\text{I}$ AND $^{125}\text{I}$ IN MILK.....	(149)
A COMBINED ANALYSIS METHOD FOR NATURAL U, Th, Ra IN ENVIRONMENTAL SAMPLES.....	(157)
SEQUENTIAL ANALYSIS OF $^{55}\text{Fe}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{65}\text{Zn}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{95}\text{Zr}$ , $^{106}\text{Ru}$ , $^{137}\text{Cs}$ AND $^{144}\text{Ce}$ IN BIOLOGICAL MATERIALS.....	(166)
CONTRIBUTION OF INDUCED RADIOACTIVITY AND SKYSHINE TO THE ENVIRONMENT DUE TO BEPC OPERATION .....	(178)
A CALCULATION METHOD AND PROGRAM FOR ESTIMATING ENVIRONMENTAL IMPACT AND DOSE TO MAN FROM AIRBORNE RELEASES OF RADIONUCLIDES—AIRDOS PROGRAM.....	(193)

# 我国部分地区环境天然外照射 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的测量

郭明强 潘自强

竺文才 张超

(中国原子能科学研究院)

本文给出了我国 26 个城市(地区)和部分铁路上火车车厢内的外照射  $\gamma$  辐射吸收剂量率的测量结果。

测量结果表明, 26 个城市(地区)的外照射  $\gamma$  辐射吸收剂量率, 按测点数目平均, 得各类平均值, 田野为  $6.12 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $6.12 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 道路为  $5.74 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $5.74 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 建筑物室内为  $9.77 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $9.77 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 铁路线火车车厢内为  $2.73 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $2.73 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。我国居民因乘火车每年减少的剂量当量为 76 人  $\cdot \text{Sv}$  ( $7.6 \times 10^3$  人  $\cdot \text{rem}$ )。

(关键词: 环境, 外照射,  $\gamma$  剂量, 测量, 铁路)

## 一、前言

人们生活的自然环境, 由于受人为活动的影响, 不断地发生变化。就以我国的情况来看, 在历史上建筑物主要是采用就地取材的砖木结构、石木结构和禾(竹)结构, 目前这种结构形式, 在城市逐渐被砖混结构、石混结构、混凝土大模板结构所代替。在农村也由土木结构、石木结构, 转变为砖木结构、砖混结构和石混结构。道路则由土路、石子路和石板路转为以柏油路、水泥路为主。铁路的发展为人们提供了极为方便的交通工具。由于工业的发展和资源开发, 耕地和原野的面积在不断缩小, 耕地所施肥也由腐植改为以化肥为主。

人为活动改变着环境, 也使人们所受的天然辐射的照射剂量发生变化, 近些年来, 有些国家已表明剂量存在明显增高的趋势<sup>[1]</sup>。为了避免随着新的建筑技术、新的建筑材料的广泛应用, 出现年剂量增高的状况。开展这方面的调查工作有助于较早地发现问题。

## 二、环境天然外照射 $\gamma$ 辐射剂量率的测量方法

在全国不同地区，选了在建筑材料方面具有代表性的 26 个城市（地区）进行了测量。这些城市人口为 8000 多万，占全国人口的 8.3%，面积为 15 万平方公里左右，占全国面积的 1.5%。

使用的仪器是高压电离室，PTB 型闪烁剂量率仪和 SG-101 型 X- $\gamma$  闪烁剂量率仪。

测量时，仪器探头离地面的高度为 1 m。在建筑物内测量时，一般选取 15 m<sup>2</sup> 左右的标准房间，在房间的中心位置进行测量；道路的测量，通常选择在道路中央或离路边 3 m 以上，测点的位置尽量远离建筑物；对于田野，要求测量点离建筑物的距离大于 10 m，并有足够大的面积，尽量减少其他因素的影响。

每个测量点，每次读数的时间间隔 10 s，取 10 次读数的平均值作为该测点的测量值。

## 三、田野天然外照射 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的测量

测了 24 个城市（地区）的部分田野，测量点数为 1712 个，按测点数的平均值为  $6.12 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $6.12 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。各个城市（地区）的田野数据列在表 1 中。从表 1 中可以看出，田野  $\gamma$  辐射吸收剂量率最高的是广东省，最低的是辽宁省。从全国来看，田野天然外照射  $\gamma$  辐射吸收剂量率的大致趋势，是南部较高北部较低，这与我国地表的地质结构分布是吻合的，特别是我国东南部的省，主要以花岗岩为主，其  $\gamma$  辐射吸收剂量率值较大。

表 1\* 24 个城市（地区）田野天然  $\gamma$  辐射吸收剂量率平均值

城市(地区)名称	测 点 数	测量值范围,	
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	按测量点的平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$
沈 阳	58	3.35~6.24	4.85
大 连	8	4.61~6.39	5.33
北 京	637	0.70~20.22	5.49
郑 州	25	4.11~6.14	5.28
武 汉	158	2.97~10.22	5.16
乌 鲁 木 齐	161	2.18~8.71	5.93
伊 宁	38	4.70~12.73	6.83
包 头	76	3.75~11.77	6.27
长 沙	69	3.43~19.02	6.26
株 州	3	5.40~8.13	6.40
西 安	34	5.08~10.49	6.50

续表 1

城市(地区)名称	测点 数	测量值范围,	按测量点的平均值,
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$
成 都	24	5.37~7.79	6.22
常 州	4	5.27~7.03	6.33
连云港	15	5.87~8.44	6.74
苏 州	4	5.40~8.35	7.27
杭 州	204	2.75~28.93	6.49
上 海	7	6.20~7.90	7.01
昆 明	41	2.16~12.77	6.87
贵 阳	7	5.07~8.85	7.06
桂 林	6	1.30~10.51	7.01
柳 州	6	6.03~9.77	7.85
海 南 岛	6	6.85~9.01	7.89
深 圳	112	2.43~16.80	6.74
广 州	8	6.12~13.62	9.72
湛 江**	1		11.78

\*表中(也包括表 2~7)所列各城市(地区)直接测量值,有的城市测点太少,测量值只能部分地反映该城市的天然  $\gamma$  辐射水平,不要单独引用。本表作为一个整体,较好地反映了我国 26 个城市(地区)的  $\gamma$  辐射水平的大致趋势。

\*\*湛江市的数据仅供参考,未计在平均值内。

#### 四、建筑物室内 $\gamma$ 辐射吸收剂量率

全国 26 个城市(地区)建筑物的测量点共计 2726 个,测量值的范围为  $(0.94 \sim 128.98) \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $0.94 \sim 128.98 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ),按测点数的平均值为  $9.77 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $9.77 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ),与田野按测量点的平均值  $6.12 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $6.12 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ) 的比值为 1.60。人口加权平均值为  $9.12 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $9.12 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ),与田野按人口加权平均值  $5.34 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $5.34 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ) 的比值为 1.71。

表 2 为全国 26 个城市(地区)建筑物室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率的测量值。从表 2 中可以看出,  $\gamma$  辐射吸收剂量率按测点数的平均值最高的是广州,其次是湛江和深圳,最低的是大连。测量点中出现异常值较多的城市是包头,其次是长沙和杭州。

广州、湛江、深圳  $\gamma$  辐射吸收剂量率高的原因是在这些地区的建筑中,花岗岩石砌块、碎石子及风化花岗岩砂料被广泛用作建筑材料。杭州、长沙建筑物室内部分测量点的  $\gamma$  辐射吸收剂量率出现高值的原因,均是由于用石煤制作的炭化砖用来建房造成的。而包头  $\gamma$  辐射吸收剂量率高的部分建筑物,却是由于用高炉渣块和高炉渣制的砖建房造成的。在北京因用钼矿渣制砖建房,虽然室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率远远没有达到炭化砖和高炉渣砖建的房那样高的剂量率,但室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率仍较粘土砖建的房高出近 1 倍。

表 2 26 个城市 (地区) 建筑物室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率的测值

城市(地区)名称	测点 数	测值范围,	按测量点的平均值,	$D_{\text{室内}}/D_{\text{田野}}$
		$\times 10^{-2}\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}(\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2}\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}(\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	
沈 阳	83	4.87~10.04	7.40	1.53
大 连	31	2.57~7.19	5.01	0.94
哈 尔 滨	3	5.04~11.98	8.66	
北 京	849	0.94~15.20	8.28	1.50
包 头	210	4.86~128.98	13.0	2.07
乌 鲁 木 齐	208	4.91~11.47	8.16	1.38
伊 宁	57	7.39~10.86	9.81	1.44
郑 州	46	5.65~9.96	7.95	1.51
武 汉	241	4.40~12.57	8.95	1.55
西 安	48	3.60~12.07	9.62	1.48
成 都	36	3.45~11.24	8.71	1.40
苏 州	51	8.49~14.81	11.18	1.54
连 云 港	95	6.53~12.13	10.14	1.50
常 州	19	8.13~12.04	9.98	1.58
上 海	28	8.13~13.47	10.45	1.49
杭 州	214	4.63~51.43	11.80	1.82
长 沙	95	3.82~62.70	11.05	1.77
株 州	10	8.28~13.38	10.21	1.61
贵 阳	35	3.31~18.93	8.08	1.14
昆 明	90	4.10~15.13	8.46	1.23
桂 林	26	5.51~23.95	12.86	1.83
柳 州	32	6.61~16.55	11.65	1.48
洪 江	7	9.11~17.21	14.70	1.25
广 州	29	10.58~19.74	15.28	1.57
深 圳	168	4.30~26.72	14.01	1.60
海 南 岛	15	5.53~16.80	10.99	1.39
总 计	2726	0.94~128.98	9.77	1.60

表 3 为 26 个城市 (地区) 按不同建筑材料分类的建筑物室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率测量结果。从表中所列各类不同建筑材料的建筑物, 对于采用新建筑材料, 有的是降低了建筑物室内的  $\gamma$  辐射水平, 少数几种建材, 例如炭化砖和高炉砖, 则大大地提高了室内的  $\gamma$  辐射水平。

因此, 在综合利用矿渣作为新建筑材料时应采取慎重态度, 应对原料中的天然放射性含量进行分析测量, 并做出评价, 根据代价-利益分析做出决策。

表 3 26 个城市 (地区) 按不同建材分类的建筑物室内  $\gamma$  辐射吸收剂量率

类 别	测 点 数	测值范围,	
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	以测量点计算的平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$
木 结 构 楼	7	5.04~10.62	6.90
砖混结构楼	632	2.57~22.89	9.67
砖木结构楼	4	6.48~13.17	9.95
土 坯 墙 楼	5	9.02~12.92	12.36
石基砖混楼	17	7.15~16.24	10.81
石灰石墙楼	1		6.53
花岗岩混楼	5	9.96~10.92	10.35
加压混凝土楼	3	5.04~7.58	6.35
装配大板楼	10	3.32~12.63	7.09
框架石膏板楼	2	7.59~8.93	8.26
白灰沙砖混楼	4	3.31~7.33	5.28
页岩砖混楼	1		12.41
电石渣砌块楼	1		6.63
煤矸石砖混楼	2	8.98~11.79	10.39
磷石膏砌块混楼	3	8.76~12.34	10.32
磷石膏大板楼	1		10.85
粉煤灰加气砌块楼	4	5.73~11.69	7.84
灰渣砌块楼	7	9.49~18.93	12.93
灰渣砖混楼	7	8.28~23.93	14.99
炭化砖混楼	5	48.56~62.70	55.23
高炉渣砖混楼	7	37.76~79.01	52.43
砖 墙 平 房	472	4.13~21.68	9.56
木 板 平 房	11	5.33~10.82	7.50
砖 木 平 房	53	5.60~12.80	9.25
土 坯 砖 平 房	2	9.07~10.45	9.76
土 墙 平 房	273	4.91~42.93	9.94
古城墙砖平房	1		8.89
窑 洞	2	9.22~16.24	12.73
花岗岩石基平房	12	9.61~12.13	10.52
花岗岩石块平房	18	9.06~13.84	10.07
卵石墙平房	55	5.08~12.53	8.59
沙岩石块平房	2	6.17~7.18	6.68
白灰沙砖平房	3	6.82~13.53	10.77
火山灰砖平房			5.53
煤矸石砌块平房			10.27
页岩砖平房			11.31
耐火砖平房	3	11.68~16.38	13.54
水泥砌块平房	1		5.51
煤渣砌块平房	2	11.61~11.65	11.63
电石渣墙平房	1		11.50

续表 3

类 别	测 点 数	测值范围,	以测量点计算的平均值,
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$
铝矿渣砖平房	5	13.07~15.24	14.75
炭化砖平房	2	29.31~30.31	29.81
高炉渣砖平房	8	32.54~128.98	62.75
蒙 古 包	2	6.54~6.94	6.73
古 建 筑	41	0.94~13.20	7.60
编 队	1		3.84

## 五、公路和人行道的 $\gamma$ 辐射吸收剂量率

表 4 列出了我国一些地区道路 $\gamma$ 辐射吸收剂量率及其与田野的比值。我国 24 个地

表 4 各城市(地区)道路 $\gamma$ 辐射吸收剂量率及其与田野比值

城市(地区)名称	测 点 数	测值范围,	平均值,	与田野吸收剂 量率的比值
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	
大 连	26	1.81~4.21	2.73	0.51
沈 阳	80	1.69~7.59	3.25	0.67
北 京	750	1.58~23.06	4.39	0.79
包 头	101	4.08~26.15	6.71	1.06
乌 鲁 木 齐	183	1.73~12.11	5.82	0.98
伊 宁	57	4.95~28.09	7.41	1.08
郑 州	31	2.16~6.19	3.80	0.72
武 汉	223	1.72~11.0	4.79	0.83
常 州	5	4.23~7.65	5.78	0.91
连 云 港	23	4.16~8.53	6.57	0.97
苏 州	8	4.49~16.05	9.40	1.29
上 海	13	6.49~9.87	7.66	1.09
西 安	41	3.97~8.31	6.07	0.93
成 都	30	4.10~7.97	5.30	0.85
长 沙	64	1.89~22.11	5.28	0.84
株 州	3	4.61~4.89	4.69	0.73
杭 州	193	1.77~52.74	7.60	1.17
黄 阳	8	2.35~6.94	4.07	0.58
昆 明	44	1.74~9.58	4.17	0.61
柳 州	7	3.99~6.95	5.55	0.71
桂 林	5	3.22~6.70	5.35	0.76
广 州	8	10.75~20.92	14.59	1.50
深 圳	178	4.02~17.69	10.56	1.21
海 南 岛	5	5.62~9.69	7.82	0.99
总 计	2086	1.58~52.74	5.74	0.91

区(测量点2086个)道路 $\gamma$ 辐射吸收剂量率按测点数的平均值为 $5.74 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $5.74 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。最低的是大连,  $2.72 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $2.72 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ );  $\gamma$ 辐射水平最高的是广州,  $14.59 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $14.59 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ); 其次是深圳,  $10.65 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $10.65 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。道路与田野吸收剂量率的比值的总平均值为0.9, 其中最低的是大连, 0.51; 最高的是广州, 1.50; 其次是深圳, 1.21; 比值高于1的还有杭州、上海、苏州、伊宁和包头。这些地区比值较高的原因, 除了其所用建筑材料含天然放射性核素较高外, 城市建筑物的影响也是不可忽略的。

表5列出了不同类型道路 $\gamma$ 辐射吸收剂量率及其与田野吸收剂量率的比值。在不同类型道路中, 柏油路最低, 为 $4.95 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $4.95 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ); 矿渣路最高, 为 $10.77 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $10.77 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。比值大小的顺序与吸收剂量率高低的顺序完全相同, 说明筑路材料对 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的影响是显著的。

表5 不同建材道路的 $\gamma$ 辐射吸收剂量率及其与田野比值

道路类别	测点数	测值范围,	平均值,	与田野吸收剂 量率的比值
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	
柏油	1285	1.65~28.09	4.95	0.81
水泥	240	1.72~26.15	5.85	0.96
土	234	1.58~23.74	6.75	1.10
石子	313	2.67~52.74	7.47	1.22
矿渣	10	5.0~44.96	10.77	1.76

表6列出了城市道路宽度对 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的影响。从表6可以看出, 在城市地区, 由于道路两边都是建筑物, 道路的宽度(直接关系到建筑物离测量点的远近)对 $\gamma$ 辐射吸收剂量率有明显的影晌。因此, 在城市内测量道路时不宜太靠路边, 并应选择适当宽度的道路进行测量。

表6 城市道路宽度对 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的影响

道路类别	路 宽							
	5m 以下		6~10m		11~20m		21~30m	
	测点数与平均值							
	测点数	平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )	测点数	平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )	测点数	平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )	测点数	平均值, $\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ( $\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )
柏油	22	5.30	48	4.32	13	3.72	3	3.10
水泥	16	4.92	28	4.60	7	4.03	6	4.18
土	19	4.89	6	4.59				

## 六、铁路的 $\gamma$ 辐射吸收剂量率

表 7 列出了一些运行在铁路线上的火车车厢中的  $\gamma$  辐射吸收剂量率。对约  $1.6 \times 10^4 \text{ km}$  铁路, 在 237 个不同地点的火车车厢内进行了测量, 测量结果是, 火车车厢中  $\gamma$  辐射吸收剂量率总平均值为  $2.73 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $2.73 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 测值范围在  $(0.44 \sim 10.74) \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $0.44 \sim 10.74 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。火车车厢中  $\gamma$  辐射吸收剂量率低的原因是: (1) 火车车厢的屏蔽作用, (2) 铁路路基上的  $\gamma$  辐射吸收剂量率低于田野。

表 7 铁路线上运行火车车厢中的  $\gamma$  辐射吸收剂量率

线路区间	测点数	测值范围,	平均值,
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$
北京~烟台	24	0.83~2.36	1.43
天津~哈尔滨	16	1.52~2.77	2.01
济南~上海	15	1.36~2.88	1.97
上海~株洲	23	1.63~5.10	2.82
株洲~柳州~昆明	37	1.80~6.09	3.62
贵阳~怀化~长沙	7	1.16~2.58	1.78
柳州~湛江	9	4.90~10.74	8.09
广州~郑州	13	3.07~6.53	3.76
北京~西安	18	0.83~2.23	1.36
西安~成都	16	0.46~3.34	1.92
成都~昆明	17	0.44~3.56	1.87
宝鸡~乌鲁木齐	36	1.29~5.66	3.22
北京~包头	6	1.46~4.04	2.51
总计	237	0.44~10.74	2.73

表 8 列出了一些铁路火车车厢、铁路路基和田野的  $\gamma$  辐射吸收剂量率。

表 8 铁路路基、火车车厢、附近田野的  $\gamma$  辐射吸收剂量率比较

类别	测点数	测值范围,	平均值,	与田野 $\gamma$ 辐射吸收剂量率的比值
		$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	$\times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$	
田野	10	3.97~8.69	5.40	
路基	2	2.76~5.85	4.31	0.80
车厢	10	1.29~4.18	2.29	0.42

根据有关资料<sup>[2]</sup>的统计, 全国每人每年平均乘车时间约为 3.2 h。24 个地区田野  $\gamma$  辐射剂量率平均值为  $6.12 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $6.12 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ ), 由于乘火车而使人所受剂量率减小  $3.39 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $3.39 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ )。全国居民因乘火车减小所受的天

然 $\gamma$ 剂量为 $76\text{人}\cdot\text{Sv}$  ( $7.6\times 10^3\text{人}\cdot\text{rem}$ )。

本文所列26个城市(地区)的测量工作,由建筑材料研究院、辽宁省环境监测中心站、昆明市环保所、云南省环境监测中心站、浙江省环境监测中心站、包头市环保所、新疆环境监测中心站、核工业部734矿、广东省环保所、广东省环境监测中心站、武汉市环保所、湖南省环保所和中国原子能科学研究院等单位共同完成。

### 参 考 文 献

- (1) ICRP Publication 39, 1983.
- (2) 铁道部计划统计局, 全国铁路统计资料汇编, 1982年。

## MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL EXTERNAL RADIATION $\gamma$ DOSE RATE AT PART AREA IN CHINA

Guo Mingqiang    Pen Ziqiang  
Zhu Wencai    Zhang Chao

(Institute of Atomic Energy)

### Abstract

Some results of measuring environmental external radiation  $\gamma$  dose rate in 26 cities(or regions) and some railway carriages on railway lines in China are described.

The results of measurement indicate that average dose rate of natural external  $\gamma$  radiation in 26 cities (or regions) by classification are as follows: average  $\gamma$  dose rate in field is  $6.12\times 10^{-2}\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $6.12\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ); average  $\gamma$  dose rate on roads is  $5.74\times 10^{-2}\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $5.74\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ); average  $\gamma$  dose rate indoors is  $9.77\times 10^{-2}\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $9.77\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ); average dose rate in railway carriages on railway lines is  $2.73\times 10^{-2}\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $2.73\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

(Key Words: Environment, External Radiation,  $\gamma$  Dose, Measurement, Railway)

# 杭州市环境外照射天然贯穿 辐射剂量的测量及其评价

张维明 支仲骥 黄家钜

(浙江省环境监测中心站)

本文报道了杭州市环境外照射贯穿辐射剂量水平的测量结果,对杭州市居民所受外照射贯穿辐射剂量作了评价。测量和评价结果表明,外照射天然贯穿辐射所致杭州市居民有效剂量当量按人口加权的平均值为  $83.92 \times 10^{-2} \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中宇宙射线的贡献为  $25.83 \times 10^{-2} \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ ;建筑物产生的为  $48.26 \times 10^{-2} \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ ;道路为  $1.85 \times 10^{-2} \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ ;原野为  $7.98 \times 10^{-2} \text{mSv} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

(关键词:评价,贯穿辐射,外照射,吸收剂量,杭州)。

## 一、引言

对环境外照射天然贯穿辐射剂量水平的测量及其评价,是环境保护工作的一个重要组成部分。它对了解环境现状及其发展趋势,及时发现可能产生的污染,有重要意义;对制订我国辐射防护标准也有重要参考价值。

杭州市包括六区七县,面积为  $16569 \text{km}^2$ ,人口约 526 万,山区面积占 70% 左右。其中,杭州市区面积约  $430 \text{km}^2$ ,人口约 119 万。调查测量中,全区一般按  $10 \text{km}$  网格布点,某些特殊地区加密测点,对原野、建筑物和道路共布置了 209 个测点。使用的仪器是球型高压电离室、闪烁剂量率仪和 SG-101 型 X-Y 闪烁剂量率仪。仪器在 1~2 个月时间内用  $^{226}\text{Ra}$ , 标准源刻度一次,每次外出测量前均用检验源检验仪器效率。对杭州市居民在建筑物外停留时间和方式进行了调查。根据这些资料,对杭州市居民所受天然外照射贯穿辐射剂量进行了评价。

## 二、杭州市环境外照射贯穿辐射剂量水平

### 1. 杭州市环境外照射贯穿辐射剂量率

杭州市环境外照射贯穿辐射剂量率,指的是空气中的吸收剂量率,其值是由测量得

到的照射量率乘 0.873 求出的。其结果如表 1 所示。

表 1 杭州市环境天然外照射贯穿辐射剂量率 [ $10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$ ]

地 点	测 量 点 数	剂 量 率 范 围	平 均 剂 量 率
富 阳	20	8.04~13.33	9.24
建 德	26	5.96~13.09	9.41
桐 庐	17	7.62~12.89	10.86
临 安	32	7.89~14.63	10.53
肖 山	17	6.79~9.44	8.02
余 杭 (含市区)	23	7.04~15.04	8.94
淳 安	29	5.96~13.33	9.79
全 市	164	5.96~15.04	9.56

由表 1 可见，杭州市天然外照射贯穿辐射剂量率按测量点的平均值为  $9.56 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ，即  $83.7 \times 10^{-2} \text{mGy} \cdot \text{a}^{-1}$ 。其中以临安县最高，其值为  $10.53 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ，最低的是肖山县，其值为  $8.02 \times 10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

## 2. 杭州市环境天然外照射 $\gamma$ 辐射剂量率

环境天然外照射  $\gamma$  辐射剂量率是由贯穿辐射剂量率减去宇宙射线的剂量率求出的。其宇宙射线值，是由原子能研究院提供的北京宇宙射线值作高度与纬度校正后得到的。同时我们在本省新安江水库、富春江鹤山渡及杭州西湖测量了宇宙射线值，把测量值与计算值作了比较，结果表明计算值是可靠的。原野、道路、建筑物内  $\gamma$  辐射剂量率的计算结果分别见表 2~7。

表 2 杭州市原野  $\gamma$  辐射剂量率 [ $10^{-2} \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} (\mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1})$ ]

地 点	测 量 点 数	剂 量 率 范 围	平 均 剂 量 率
富 阳	20	4.85~10.14	6.08
建 德	26	2.77~9.90	6.22
桐 庐	17	4.42~9.69	7.16
临 安	32	4.66~11.40	7.30
肖 山	17	3.63~6.28	4.86
余 杭 (含市区)	23	3.88~11.88	5.78
淳 安	29	2.74~10.11	6.57
全 市	164	2.74~11.88	6.37