成都经济区不同类型土壤天然放射性核素含量分布特征

刘合凡[1]，葛良全[1]，曾 兵[1]，吴和喜[2]，罗耀耀[1]

(1.成都理工大学 地学核技术四川省重点实验室，四川 成都 610059；2.东华理工大学，江西 南昌 330013)

摘 要：利用数据分离技术，从已有的 1∶25 万区域化探数据中提取成都经济区不同类型土壤的^{238}U，^{232}Th，^{40}K 含量数据，并在实地取样分析的基础上对该区不同类型土地天然放射性核素含量的分布特征进行了研究。结果表明：(1) 该区土壤天然放射性核素含量与世界、全国和四川省处于同一水平；(2) 黄壤、棕壤、紫色土、水稻土、灰潮土、草毡土的天然放射性核素含量分别为：^{238}U：3.18，2.40，2.12，2.45，2.48 和 2.73，均值 30.41(单位为 10^{-6} g/g)；^{232}Th：14.27，14.64，11.67，13.98，13.41 和 14.09，均值 54.35(单位 10^{-6} g/g)；^{40}K：2.06，2.38，1.94，1.74，1.83 和 2.22，均值 1.98(单位为 10^{-2} g/g)；(3) 不同类型土壤的天然放射性含量大小顺序表现为：^{238}U：黄壤＞草毡土＞灰潮土＞水稻土＞棕壤＞紫色土；^{232}Th：棕壤＞黄壤＞草毡土＞水稻土＞灰潮土＞紫色土；^{40}K：棕壤＞草毡土＞黄壤＞紫色土＞灰潮土＞水稻土；(4) 同类型土壤的天然放射性核素含量，平原地区比高山地区低。

关键词：成都经济区；土壤类型；天然放射性核素

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2014)06-0267-03 **中图分类号**：P631.64，X124

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.06.054

Distribution Characteristics of Natural Radionuclide Content in Different Type Soil in Chengdu Economic Area

LIU He-fan[1], GE Liang-quan[1], ZENG Bing[1], WU He-xi[2], LUO Yao-yao[1]

(1. *Applied Nuclear Techniques in Geosciences Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan* 610059, *China*; 2. *East China Institute of Technology, Nanchang, Jiangxi* 330013, *China*)

Abstract: Using the data separation technology, based on the data extracted from the 1∶250 000 available and regional geochemical data of the content of natural radionuclide(^{238}U, ^{232}Th, ^{40}K) in different type soil in Chengdu Economic Area, field sampling and analysis were carried out. Then, the distrbution characteristics of natural radionuclide content in different type soil were studied in this area. The results showed that: (1) The contents of natural radionuclides in the area soil were at the same level with the world, the whole nation and Sichuan Province. (2) The contents of ^{238}U in yellow soil, brown soil, purple soil, paddy soil, gray soil and grass mat soil were 3.18, 2.40, 2.12, 2.45, 2.48, 2.73, respectively, the average was 30.41 (the unit was 10^{-6} g/g); the contents of ^{232}Th were 14.27, 14.64, 11.67, 13.98, 13.41, 14.09, the average was 54.35(10^{-6} g/g); the contents of ^{40}K were 2.06, 2.38, 1.94, 1.74, 1.83, 2.22, the average was 1.98 (10^{-2} g/g); (3) The contents of natural radionuclides in different type soil showed up the rules as following: the content of ^{238}U in yellow soil＞grass mat soil ＞gray damp soil＞paddy soil＞brown soil＞purple soil; the content of ^{232}Th in brown soil＞yellow soil＞grass mat soil＞paddy soil＞gray damp soil＞purple soil; the content of ^{40}K in brown soil＞grass mat soil＞yellow soil＞purple soil＞gray damp soil＞paddy soil; (4) In the same type soil, the natural radionuclide content of plain soil was lower than that of mountain.

Keywords: Chengdu Economic Area; soil types; natural radionuclides

天然放射性辐射环境是人类生存环境的重要组成部分，随着社会的进步与发展，资源与环境日渐成为人们关注的热点。土壤是植物生长的基础，是万物生长之源，但土壤也是环境中放射性污染物质的主要来源[1]。一定区域内的天然本底辐射水平由岩石和土壤中的放射性核素(如^{238}U，^{232}Th，^{40}K)所决定[2]。

收稿日期：2013-10-15 修回日期：2014-01-06

资助项目：国家自然科学基金项目“地球和月球表面诱发伽玛辐射场及其地质响应研究”(41374136)

作者简介：刘合凡(1983—)，男(汉族)，湖北省黄石市人，博士研究生，研究方向为核信息获取与处理。E-mail：liuhefan@126.com。

对于天然放射性辐射环境的研究，在国内外这些工作开展很多[3-4]，但以土壤分类为基础而进行的天然放射性核素的研究工作国内外还比较少。本研究以成都经济区为研究载体，数据涵盖了成都、德阳、绵阳、眉山和资阳市等地区，对该区域不同土壤类型天然放射性核素的含量进行了测试研究，以期对该区域天然本底辐射水平、国土资源利用以及城市规划等方面工作的开展提供科学依据。

1 成都经济区土壤类型及分布

成都经济区土壤分为黄壤、灰潮土、水稻土、棕壤、紫色土、草毡土 6 大类型[5]，其中以水稻土、紫色土、棕壤分布最为广泛。水稻土主要分布于平原及丘陵谷地，起源于红壤、黄壤、潮土、紫色土等各种土类[6]。紫色砂岩泥岩母质发育成的紫色土，经水耕植稻、定向培育等人为耕作熟化，发育成紫色水稻土。丘陵区主要以紫色土为主，也有黄壤、黄褐土等土壤的零星分布。高山农业区以棕壤、黄壤、灰色潮土为主，丘陵谷地地带有少量水稻土分布。草毡土主要分布在高山脚下的低洼地带，在龙门山前缘冲断褶皱带和龙泉山—熊山断褶带有少量分布。

2 数据来源与分离

成都经济区 1∶25 万化探数据来源于四川省地勘局，是以 4 km×4 km 拉网测量，共计 15 425 组，为土壤中天然放射性核素铀、钍、钾的含量数据。根据成都经济区土壤的分类、分布，以土壤类型为切入点，利用成都理工大学地学核技术四川省重点实验室的科研条件，不同土壤类型的天然放射性核素含量数据采用乌鲁木齐金维图文信息科技有限公司的软件产品 GeoIPAS 从 1∶25 万化探数据中提取并统计分析。

3 实地取样与测量仪器

为了验证提取数据的可靠性，验证方法采用实地土壤取样至实验室分析和文献数据对比相结合的方式。根据研究区土壤的分类与分布，以环刀取样的方式对研究区的棕壤、紫色土、水稻土、黄壤、灰潮土共 5 类土壤进行了取样。每个土壤类型均使用 GPS 定位进行了 2～4 处地点取样。

为了克服了天气、湿度、土壤松结程度等对测量结果的影响，样品的处理经过一套严格的程序和步骤：(1) 将野外采集来的土壤样品剔除杂草、枯叶等异物后在 105 ℃±2 ℃恒温烘箱中烘烤 24 h 至恒重，使其充分干燥；(2) 将烘干后样品压碎过 60 目(0.25 mm 孔径)土壤筛；(3) 用电子天平称量标准样品盒盒重，样品盒尺寸为直径为 7.5 cm、高为 7.1 cm；(4) 将待测土壤放入标准样品盒，装满、压实、密封、贴上标签；(5) 用电子天平称量各土壤样品，并计算土壤净重；(6) 将密封好的样品静置 20 d 等待放射性核素 ^{226}Ra 衰变平衡。

另外，^{238}U，^{232}Th，^{40}K 的能量峰分别为 1 760，2 620和 1 460 keV，由于它们发射出的 γ 射线能量强度和分支比较低，直接分析测量会带来很大的误差和不确定度。在实际测量中，一般通过测量达到衰变平衡后的子体来计算核素含量，选择测量 ^{214}Bi 的 609.4 keV 能量峰来进行计算。表 1 为土壤样品的实测数据。样品测量仪器为 CANBERRA GC 2018 He 探测器的低本底 γ 能谱仪，其测量技术指标为：相对探测效率：20%(相对于 NaI 探测器)；分辨率：2.10 keV(对 ^{60}Co 1.33 keV 能量峰)；峰康比为 56∶1。测量环境为：温度 20 ℃，湿度 30%。仪器采用 ^{60}Co 进行能量刻度，1.33 keV 能量峰对应的道址为 3 200 道，1.17 keV 能量峰对应的道址为 2 814 道。经能量刻度、效率刻度后的 γ 能谱仪稳定性好，满足实验分析要求。把达到平衡的样品盒放入 γ 谱仪进行测量，根据样品放射性强弱选择测量时间，一般 6～8 h，保证测量误差小于 3%。

表 1 研究区土壤样品的实测数据

样品编号	重量/g	^{214}Bi 能量峰/keV	实测活时间/s	净峰计数/cps	土壤类型
T_{01}	197.66	609.62	38 240.5	0.13	黄 壤
T_{02}	203.65	609.68	21 726.6	0.13	黄 壤
T_{03}	194.78	609.82	21 130.9	0.15	棕 壤
T_{04}	233.71	609.73	40 600.4	0.15	棕 壤
T_{05}	217.66	609.79	42 321.9	0.13	紫色土
T_{06}	195.85	609.44	21 993.7	0.14	紫色土
T_{07}	170.46	609.50	21 340.0	0.14	紫色土
T_{08}	196.06	609.57	42 800.0	0.12	紫色土
T_{09}	210.56	609.61	22 391.4	0.15	水稻土
T_{10}	164.36	609.57	21 636.4	0.15	水稻土
T_{11}	232.46	609.76	43 746.9	0.15	灰潮土
T_{12}	221.66	609.75	21 397.7	0.15	灰潮土

4 结果与分析

将文献数据和本研究提取数据、实测数据列于表 2—3。为了便于比较，表 2 已根据文献[3]的转换系数将引用文献的比活度值转换为含量值。从表 2 可以看出，对于土壤天然放射性核素 ^{238}U，^{232}Th，^{40}K 含量，成都经济区提取数据、实测数据与世界、全国和四川省处于同一水平。表 3 为根据成都经济区 1∶25

万化探数据提取的基于土壤类型的天然放射性核素含量^{238}U,^{232}Th,^{40}K的提取统计数据。根据表 3 可知,不同土壤类型的天然放射性核素^{238}U,^{232}Th,^{40}K含量的提取数据和实测数据也处于同一水平。由于实测数据样本数较少,本研究以提取数据作为典型值。根据表 2—3,以黄壤、棕壤、紫色土、水稻土、灰潮土、草毡土为顺序,成都经济区不同土壤天然放射性核素含量为:^{238}U 分别为 3.18,2.40,2.12,2.45,2.48 和 2.73,均值 30.41,单位:10^{-6} g/g;^{232}Th 分别为14.27,14.64,11.67,13.98、13.41 和 14.09,均值 54.35,单位:10^{-6} g/g;^{40}K 分别为 2.06,2.38,1.94,1.74,1.83 和 2.22,均值 1.98,单位:10^{-2} g/g。

表 2　研究区土壤天然放射性核素含量统计

数据来源	^{238}U 含量/(g·g^{-1})		^{232}Th 含量/(g·g^{-1})		^{40}K 含量/(g·g^{-1})	
	范围	均值	范围	均值	范围	均值
世界[7]	—	3.24	—	9.85	—	1.85
全国[8]	0.59～40.40	3.12	2.54～45.32	13.46	nd～4.95	1.87
四川省[9]	—	2.82	—	12.56	—	1.83
成都经济区(统计值)	0.90～9.72	2.46	5.7～34.54	13.39	0.58～4.32	1.98
成都经济区(实测值)	1.71～2.54	2.38	11.99～13.77	12.90	1.66～1.90	1.77

注:"nd"表示未检出;"—"表示无相关数据。下同。

表 3　成都经济区土壤天然放射性核素含量提取统计数据

土壤类型	^{238}U 含量/(10^{-6} g·g^{-1})				^{232}Th 含量/(10^{-6} g·g^{-1})				^{40}K 含量/(10^{-2} g·g^{-1})			
	提取值		实测值		提取值		实测值		提取值		实测值	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
黄壤	3.18	0.867	2.53	0.018	14.27	2.684	13.41	0.028	2.06	0.639	1.78	0.166
棕壤	2.40	0.559	2.35	0.022	14.64	2.553	13.64	0.192	2.38	0.380	1.78	0.015
紫色土	2.12	0.322	2.28	0.060	11.67	1.937	12.62	0.183	1.94	0.240	1.77	0.015
水稻土	2.45	0.508	2.38	0.097	13.98	3.320	13.06	0.112	1.75	0.289	1.77	0.057
灰潮土	2.48	0.349	2.44	0.049	13.41	1.359	12.07	0.112	1.83	0.153	1.74	0.027
草毡土	2.73	1.865	—	—	14.09	2.520	—	—	2.22	0.462	—	—

由图 1 可知,研究区内于天然放射性核素^{238}U,^{232}Th,^{40}K含量在不同土壤类型的提取数据与实测数据具有相似的变化趋势。这里仍然以提取数据作为典型值比较。

成都经济区内,对于天然放射性核素^{238}U,土壤含量的顺序为:黄壤>草毡土>灰潮土>水稻土>棕壤>紫色土;对于天然放射性核素^{232}Th,土壤含量的顺序为:棕壤>黄壤>草毡土>水稻土>灰潮土>紫色土;对于天然放射性核素^{40}K,土壤含量的顺序为:棕壤>草毡土>黄壤>紫色土>灰潮土>水稻土。成都经济区黄壤的^{238}U含量均值较大,为 3.18×10^{-6} g/g,最小的为紫色土,为 2.12×10^{-6} g/g;对于天然放射性核素^{232}Th,占研究区绝大部分的水稻土和紫色土,平均含量较小,分别为 1.40×10^{-5} g/g 和 1.17×10^{-5} g/g,而高山地区的黄壤、棕壤和草毡土^{232}Th含量则明显要大一些;对于天然放射性核素^{40}K,平原地区的土壤类型数值要低一些;水稻土的^{40}K含量为最低,其均值为 1.75×10^{-2} g/g。结合表 2、图 1 还可以看出,平原地区土壤的天然放射性核素含量比高山地区低。

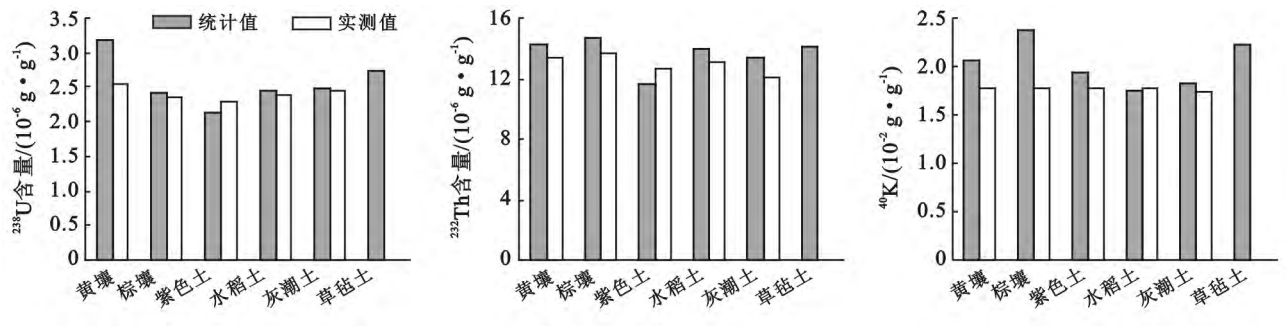


图 1　成都经济区不同类型土壤的天然放射性核素含量

(下转第 276 页)

(4) 结合浙江省耕地集约利用的情况及问题，今后浙江省应加大对南部地区耕地的投入，积极推广农业科学技术，提高农民种植积极性，加大农业基础设施的建设，走规模化、多样化、现代化的农业发展之路，提高耕地集约利用水平。

[参 考 文 献]

[1] 郑海霞，童菊儿，徐扬. 发达地区耕地资源的时空变化及其驱动力实证研究[J]. 农业工程学报，2007，23(4)：75-78.

[2] 安玉娟，门新明，霍习良，等. 河北省耕地利用集约度变化特征[J]. 地理科学进展，2009，28(4)：611-616.

[3] 刘玉，薛剑，潘瑜春. 环渤海地区耕地利用集约度时空分异研究[J]. 农业现代化研究，2012，33(1)：86-89.

[4] 陈瑜琦，李秀彬. 1980 年以来中国耕地利用集约度的结构特征[J]. 地理学报，2009，64(4)：469-478.

[5] 李秀彬，朱会义，谈明洪，等. 土地利用集约度的测算方法[J]. 地理科学进展，2008，27(6)：12-17.

[6] 刘晓梅，王静. 小城镇耕地集约利用评价方法比较研究[J]. 长江流域资源与环境，2008，17(1)：93-97.

[7] 曹银贵，周伟，王静，等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比分析[J]. 农业工程学报，2010，26(4)：291-296.

[8] 虎陈霞，郭旭东，连纲. 村镇土地资源集约利用评价与影响因素分析[J]. 生态环境学报，2010，19(12)：2881-2886.

[9] 刘瑞平，王洪波，全芳悦. 自然因素与社会经济因素对耕地质量贡献率研究[J]. 土壤通报，2005，36(3)：289-294.

[10] 张桃林，李忠佩，王兴祥. 高度集约农业利用导致的土壤退化及其生态环境效应[J]. 土壤学报，2006，43(5)：843-850.

[11] 程久苗，祝小迁. 安徽省耕地集约利用时空变化特征研究[J]. 土壤，2009，41(3)：360-365.

[12] 浙江省统计局，国家统计局浙江调查队. 浙江统计年鉴(2011 年)[M]. 北京：中国统计出版社，2011.

[13] 邓楚雄，谢炳庚，李晓青，等. 长沙市耕地集约利用时空变化分析[J]. 农业工程学报，2012，28(1)：230-236.

[14] 李江，郭庆胜. 基于信息熵的城市用地结构动态演变分析[J]. 长江流域资源与环境，2002，13(9)：394-395.

[15] 李植斌. 一种城市土地利用效益综合评价方法[J]. 城市规划，2000，24(8)：62.

(上接第 269 页)

5 结 论

(1) 对于土壤天然放射性核素^{238}U，^{232}Th，^{40}K含量，成都经济区与世界、全国和四川省处于同一水平。

(2) 成都经济区不同土壤的天然放射性含量大小顺序为：^{238}U：黄壤＞草毡土＞灰潮土＞水稻土＞棕壤＞紫色土；^{232}Th：棕壤＞黄壤＞草毡土＞水稻土＞灰潮土＞紫色土；^{40}K：棕壤＞草毡土＞黄壤＞紫色土＞灰潮土＞水稻土。

(3) 对同类型土壤的天然放射性核素含量，平原地区比高山地区低。

[参 考 文 献]

[1] 董武娟，吴仁海. 土壤放射性污染的来源、积累和迁移[J]. 云南地理环境研究，2003，15(2)：83-88.

[2] Arafa W. Specific activity and hazards of granite samples collected from the Eastern Desert of Egypt[J]. Journal of Environmental Radioactivity, 2004, 75(3): 315-327.

[3] 葛良全，赖万昌，黄元清，等. 运用 1∶50 000 化探数据评价天然放射性水平[J]. 成都理工大学学报，2008，35(3)：323-328.

[4] Singh S, Rani A, Mahajan R K. ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K analysis in soil samples from some areas of Punjab and Himachal Pradesh India using gamma ray spectrometry [J]. Radiation Measurements, 2005, 39(4): 431-439.

[5] 王莹，侯青叶，杨忠芳，等. 成都平原农田区土壤重金属元素环境基准值初步研究[J]. 现代地质，2012，26(5)：955.

[6] 四川省国土局. 四川省国土资源地图集[M]. 四川 成都：成都地图出版社，1990.

[7] United Nations Scientific Committee. Effects of Atomic Radiation, Exposure from Natural Solaces of radiation [M]. United Nations: New York, 1993.

[8] Wang Zuoyuan. Natural radiation environment in China [J]. International Congress Series, 2002, 12(2)5: 39-46.

[9] 周生贤. 2009 年中国环境状况公报[EB/OL]. (2010-05-31)[2012-05-26]. http://www.zhb.gov.cn,20100531.