

CN8800988

CNIC-00067

AS-IHP-0004

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

洞庭湖水系铀的水环境背景值研究



中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00067

AS-IHP-0004

洞庭湖水系铀的水环境背景值研究

翟鹏济 康铁笙

(中国科学院高能物理研究所, 北京)

中国核情报中心

北京 · 1007

摘 要

区域水环境背景值研究是水环境质量评价的基础,也是研究元素分布、分配和迁移转化规律的基础性工作。水中铀背景值研究不仅可了解放射性水平而且具有水法普查铀矿的实际意义。本工作采用裂变径迹分析技术对 247 000 km² 的洞庭湖水系一百余处断面的河水、水库水和泉水等原水和过滤水中的含铀量进行了测定,对数据做了计算机统计处理,得出了洞庭湖水系和湘资沅澧各流域的区域铀水环境背景值,并与国内外情况做了比较。此外,还讨论了水中铀的季节性变化,流域内水库、泉和自然保护区的铀水平。

关键词 洞庭湖水系 铀 裂变径迹 背景值

**STUDY ON ENVIRONMENTAL BACKGROUND
VALUES OF URANIUM IN WATER OF
DONGTING LAKE SYSTEM**

Zhai Pengji Kang Tiesheng

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

ABSTRACT

Study on environmental background values in water is the base of evaluating water quality and also is the foundational work of studying the law of distribution, accumulation and transfer of the element. Research on background values of U in water not only can understand radioactive level but also has actual significance for the general survey of U by water. In our work uranium contents were determined by fission track analytical technique in the filtered and unfiltered specimens of river water, reservoir water and spring water taken from more than one hundred sections located in Dongting lake system and the statistical process of data were carried out by computer. The environmental background values in water of various river system were obtained and compared with the situation of home and abroad. The seasonal variety of uranium content and the level of U in reservoir, spring water and natural reserve were discussed.

引 言

区域水环境背景值研究是水环境质量评价的基础,也是研究元素分布、分配和迁移转化规律的基础性工作。环境背景值通常指没有受到人类活动的直接影响或未受污染的原生环境的物质化学组成与本征特性。但实际上人类活动和技术进步使自然界大量的潜在物质和能量被动员起来,使本来的自然生态环境或多或少受到人类社会活动的影响,因此现在所指水环境背景是指未受或少受人类活动影响,且未受到污染和破坏的环境的化学特征和组成。由于水环境受气候、水文、地层岩性、植被、水生生物、人类社会活动等诸多因素影响和约束,其边界条件与运动机制非常复杂,各种因素与参数之间相互关联和制约,因此,水环境背景值是表征水环境系统的某一侧面的动态的模糊集合。铀是一种天然放射性元素,一般在水中含量是极低的,水中铀背景值的研究工作不多,较大区域水中铀背景值研究更较少见。水中铀背景的研究不仅可了解水中放射性水平而且具有水法普查铀矿的实际意义。本工作用裂变径迹分析技术对 $247\ 000\text{ km}^2$ 的洞庭湖水系河水、水库水和泉水等原水和过滤水中铀含量进行了测定,从各个角度讨论了流域水中铀背景值的分布情形。

样品采集和分析方法

1. 样品采集和处理

洞庭湖水系包括洞庭湖、湘江、资水、沅江和澧水,主要位于湖南省,整个水系跨湖南、湖北、四川、贵州、广西和江西等省,处于我国亚热带湿润气候区,雨量充沛,流域矿产十分丰富,共设置一百多个采样断面,布设原则是:远离工业区、城市、主要交通线,避开工业污染源,避开矿山影响,基本布设在水文条件较稳定的河段上,使所采样品具有区域代表性,反映出不受或少受人类活动影响的水环境中各要素的基本化学组成。1983年和1984年进行了两次全面采样,每个断面一般进行两次采样(个别断面采3~4次),第一次共采集原水样104个,过滤水样96个;第二次(包括部分泉水样)共采集原水样121个,过滤水样112个。过滤水是在采样后立即用脚踏吸引器抽滤,以 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤。样品保存在充分洗净的聚乙烯瓶中并及时加入固定剂。

2. 分析方法

采用裂变径迹活化解分析法。用朝阳一号聚碳酸酯做固体径迹探测器,裁成适当大小,用乙醇、稀硝酸和去离子水清洗干净,烘干。在洁净工作台上用 Eppendorf 微量移液管取样品(或标准和空白)滴在洗好的探测器上,用红外灯烘干,留在探测器上很小范围内的一薄层非挥发性残渣用另一清洁的探测器片覆盖,使残渣成为夹心,依次叠好,两端加木片,用透明胶纸固定,尽量压得很紧密。装入木罐后送到清华大学核能技术研究所,放在游泳池式反应堆反射层中照射十分钟(热中子注量为 5×10^{15} 中子/ cm^2)。适当冷却后分装,用稀硝酸、蒸馏水分别在超声波清洗器上洗净、烘干探测器片,用 6.25mol/L 的 NaOH 在 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 蚀刻2小时,洗净、晾干,用光学显微镜($600\times$)测每一样片上水渍区的全部裂变径迹数,

并通过与标准比较计算出各样品的含铀量。

结果和讨论

1. 洞庭湖区

洞庭湖区断面较少,主要是湖区东部汨罗江一些支流的上游地带,结果(见表1)显示其水背景值是较低的,仅湖区北部的城陵矶较高。

表1 洞庭湖区水含铀量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

位 置	原水 (84.2)	原水 (84.8)	过滤水 (84.8)
龙 门		0.12	0.06
南江桥		0.23	0.16
新洋河		0.22	0.17
城陵矶	1.0	0.65	0.50

2. 湘江流域

湘江是洞庭湖水系最长的一条河流,全长 856 km,有大小支流两千余条,百公里以上的支流就有 20 余条,流域面积达 94 660 km²,因此设断面最多。测定结果列于表 2.1 中,表明流域东北面的捞刀河和浏阳河上游,东面的位于武功山、罗霄山脉以西洙水上游的沅水和溇水以及东江支流沅江上游,南面都庞岭东的灇江上游、萌渚岭一带的花江上游都是铀背景值很低的区域,其含量在 $0.1\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下,其过滤水 16 个样本的算术平均值是 $0.043 \pm 0.024\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。正如湘江污染综合治理研究表明的,干流水中含铀量由上游向下游明显地升高了^[1],从 $0.3\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 增至 $1.0\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。流域东南端的汝城处于浙江河上游,海拔 600 m,周围是山地森林,没有什么污染源,其含铀量很高,可以认为是湘江流域水中含铀量高的自然背景区。其他高含量区是蒸水上游、来水西河上游、涟水上游、黄材水库、酒埠江水库和湘江干流。但蒸水上游、黄材水库和干流都有污染源的影响。

表2.1 湘江流域水的含铀量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

断面编号	采样位置描述	原 水		过滤水	
		第一次	第二次	第一次	第二次
ds-01	浏阳河白沙	0.014	0.017	0.008	0.016
ds-02	捞刀河龙伏	0.091	0.084	0.11	0.059
ds-03	支流溇水速磨	0.49	0.28	0.54	0.29
ds-04	干流三门镇	0.75	1.15	0.73	1.22
ds-05	蒸水双河口	0.97		0.85	
ds-06	干流归阳	0.43	0.53	0.43	0.53

续表2.1 湘江流域水污染含量 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

断面编号	采样位置描述	原 水		过滤水	
		第一次	第二次	第一次	第二次
ds-07	支流紫溪河杨柳塘	0.38	0.46	0.34	0.51
ds-08	干流石壁乌江	0.42	0.45	0.27	0.46
ds-09	干流全州大桥公社	0.40	0.43	0.41	0.38
ds-10	干流兴安	0.47	0.50	0.43	0.52
ds-11	海洋河三义村	0.35	0.19	0.42	0.33
ds-12	支流湘江观音	0.029	0.066	0.025	0.067
ds-13	洧水永明河允山	0.051	0.067	0.065	0.060
ds-14	洧水沅江濂江渡	0.031	0.055	0.033	0.041
ds-15	洧水西河河口公社	0.11	0.43	0.088	0.074
ds-16	洧水道县	0.47			
ds-17	耒水冷水石碓公社	0.21	0.24	0.19	0.26
ds-18	洧水冷水河响特滩	0.20	0.36	0.19	0.35
ds-19	耒水上游支流潭田	0.21	0.35	0.19	0.30
ds-20	欧阳海水库七弓桥	0.36	0.46	0.41	0.51
ds-21	耒水西河大溪	0.76	0.68	0.52	0.70
ds-22	耒水郴江源头江口	0.29	0.049	0.12	0.18
ds-23	耒水东江文明河文明	0.33	0.076	0.35	0.031
ds-24	耒水东江渐江河	0.76	1.14	0.91	1.11
ds-25	耒水东江迳水桂东	0.078	0.098	0.039	0.026
ds-26	洧水源水牛排岗	0.034	0.056	0.040	0.033
ds-27	洧水沅水沅渡	0.069	0.095	0.028	0.038
ds-28	酒埠江水库	0.70	0.52	0.61	0.54
ds-29	洧水永乐江安仁	0.14	0.13	0.11	0.13
ds-30	洧水, 黄材水库	1.26	0.29		0.25
ds-31	洧水, 涟源兰田茅坪	0.34	0.53		0.43
ds-32	洧水侧水双峰何家	0.64	0.62		0.63
ds-33	紫溪河杨柳塘泉		0.70		
ds-34	邵东灵官殿		1.26		
ds-36	湘源洲		0.45		
ds-37	洧水西河对照		0.24		0.38
ds-39	江华濂江泉水		0.079		
ds-42	涟源兰田泉水		0.61		
	醴陵泉水		0.029		

一条水系是一个大的环境系统,它具有因素众多、结构复杂、功能综合的基本特征。因此有必要从区域环境特征出发,利用统计学和概率论的理论方法,对数据进行统计处理,判别和验证其概率分布类型。考虑到人类社会活动对资源的开发和利用及社会经济结构的布局,结合自然地理环境特征,我们对水系划分成两个区域单元:基本未开发区(I区域)和轻度开发区(II区域),划分原则与方法是采用定性估测与模糊隶属度分类,进行模糊聚类,以使用相应的数学模型和逻辑符号表征水环境背景特征值。

(1) 正态分布类型,用算术均值(\bar{X}),标准差(S),变异系数($CV\%$),置信区间和全距来表征环境背景值。

(2) 对数正态分布类型,用几何均值(\bar{X}),几何标准差(S),变异系数($CV\%$),置信区间和全距等特征值来表征水环境背景值。

(3) 偏态分布类型,用中位值(X),标准差(S),变异系数($CV\%$),10%(或5%)位值和90%(或95)位值,全距,置信区间来表征环境背景值。

对湘江原水和过滤水120个样本统计处理结果给在表2.2中。由表可见两次结果很接近,原水比过滤水含量高。120个样本的最小最大范围是 $0.008\sim 1.26\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,相差约150倍。湘江流域水背景值河水(原水)和过滤水分别是 0.17 和 $0.13\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

表2.2 湘江流域水轴背景值($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

		样本数	分布类型	\bar{X}	置信范围	S	$CV\%$	最小—最大
原水	第一次	30	偏	0.345	0.031—0.76	0.31	90.22	0.014—1.26
	第二次	32	偏	0.355	0.055—0.68	0.33	92.51	0.017—1.14
过滤水	第一次	27	偏	0.27	0.028—0.61	0.26	97.92	0.008—0.91
	第二次	31	偏	0.30	0.031—0.63	0.30	101.49	0.016—1.22
原水 过滤水	一、二次总	62	偏	0.35	0.049—0.76	0.32	90.74	0.014—1.26
	一、二次总	58	偏	0.295	0.031—0.63	0.28	96.02	0.008—1.22
原水	I	43	对数正	0.17	0.024—1.13	0.33	200.68	0.014—1.26
	II	18	正	0.57	0.14—1.00	0.26	45.88	0.29—1.26
过滤水	I	42	对数正	0.13	0.016—1.06	0.30	223.61	0.008—1.11
	II	15	正	0.52	0.14—0.90	0.23	44.57	0.25—1.22

3. 资水流城

资水全长674km,位于雪峰山脉和衡山脉之间,由于两侧山脉逼近,支流分布大多短小,百公里以上支流只有两条,流域面积28500km²,设20个采样断面。分析结果列于表3.1。结果表明上游的支流黄泥河、蓼水河和夫夷水上游及位于海拔582m生长着原始次森林的自然保护区的郎水城西水库是没有人污染的低轴背景区。上游夫夷水军田中游支流邵水和干流下游含轴量都是比较高的,在 $0.5\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上,这些区域有人为活动的影响。上游支流辰水源头地带的乌树下龙门水库地处海拔379m的丘陵其含轴量(尤其原水)很高,

表3.1 资水流域水中含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

断面编号	采样位置描述	原 水		过滤水	
		第一次	第二次	第一次	第二次
dz-01	支流鄱水仙霞镇	0.62	0.74	0.24	0.76
dz-02	鄱水铜河大乐塘	0.85	0.87	0.68	
dz-03	干流雨溪樟木塘	0.43	0.49	0.24	0.50
dz-04	夫夷水中桥	0.077	0.091	0.058	0.050
dz-05	夫夷水梅溪成水口	0.24	0.49	0.25	0.11
dz-06	夫夷水军田镇	0.56	0.56	0.50	0.51
dz-07	支流龙溪河龙溪	0.27	0.34	0.58	0.22
dz-08	资水源城步塘头	0.048	0.22	0.049	0.29
dz-09	铜水城西水库	0.007	0.026	0.007	0.012
dz-10	鄱水桃花坪九龙	0.27	0.22	0.24	0.20
dz-11	原水乌树下龙门水库	0.76	2.07	0.62	0.088
dz-12	石马江醴陵高坪	0.32	0.84	0.22	0.064
dz-13	黄泥石河河口	0.036	0.044	0.045	0.039
dz-14	寥水武阳肖家	0.091	0.076	0.073	0.078
dz-15	干流冷水江金竹吴家	0.43		0.32	
dz-16	干流桃江城关上游	0.78	0.58	0.67	0.53
dz-17	干流马迹塘水库	0.71	0.66	0.75	0.72
dz-18	桃花江南石堰		0.74*		0.87**
		0.71	0.81	0.93	0.57
dz-19	干流柘溪水库	0.59*	0.78**	0.68*	0.84**
		0.55	0.48	0.53	0.42
dz-20	沂溪马迹塘磨丰滩	1.13	1.83	1.09	1.71
dz-21	武阳泉水				0.59

* 第三次采样 ** 第四次采样

下游支流沂溪的磨丰滩含铊最高，又无人为污染源存在，因此为资水流域水含铊高背景区。资水含铊由源中桥起逐渐升高（见图3.1），表3.2给出了对资水原水和过滤水78个样本按各环境区域数据统计处理的结果。原水最大和最小变化近300倍，过滤水也变化240多倍。说明流域水中铊含量有很大差异，这反映出不同断面的地理环境特征有很大差异。由于河流水体的流动性、可变性、

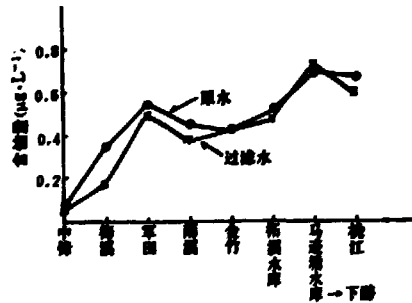


图 3.1 资水干流含铊量沿河的变化

动态性,使同一空间不同时间所观测的结果有很大差异,如咸水口、埫头和龙门水库等断面,这是环境系统的系统属性之一的不确定性所决定的。由表3.2可知,资水流域铀背景值河水(原水)和过滤水分别是 0.30 和 $0.16\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,相差较大,龙门水库断面第二次样本原水比过滤水高20多倍,这反映出铀以非溶解态存在为主。总起来看各次的样本对中,多数是溶解态稍高于悬浮态。

表3.2 资水铀水背景值($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

	样本数	分布类型	\bar{X}	置信范围	S	CV%	最小—最大
原水一、二次总	40	偏	0.48	0.04—0.85	0.44	91.5	0.007—2.07
过滤水一、二次总	38	偏	0.28	0.05—0.75	0.38	131.8	0.007—1.71
原水	I	偏	0.30	0.026—0.87	0.50	169.72	0.007—1.83
	II	对数正	0.52	0.24—0.76	0.41	78.8	0.22—2.07
过滤水	I	对数正	0.16	0.013—2.01	0.51	317.6	0.007—1.71
	II	正	0.42	0.087—0.76	0.20	45.18	0.088—0.75

4. 沅江流域

沅江是水系中最长的一条河,全长1022km,百公里以上支流14条。流域面积89160 km^2 ,仅次于湘江流域,流域内多崇山峻岭和高原,坡陡大,峡谷多,水流急。雨量充沛,年降雨量多在1200mm以上,年径流量大大高于黄河。沅江干流沿岸地层上中游大部分为震旦纪板溪群,下游为第三纪与第四纪地层。沅江水系共设置26个断面,共采集原水样48个,过滤水样51个,分析结果列于表4.1中。纵观整个洞庭湖流域各水系可以看出沅江流域水中铀含量最低。该流域东南部上游清水江东南支流亮江、巫水和栗水流域处海拔250~435m的山地有松杉林植被,其中含铀量最低。干流含量也不高,从上游至下游变化很小,只稍有升高,从大约 0.2 到 $0.3\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。只有小支流兰溪河的岩屋塘水库含量较高,约为干流值的两倍。由表4.2结果可见两次原水、两次过滤水和原水与过滤水I区域和II区域之间均值差异很小,变异系数也是水系中最小的,可能说明水质较好,铀以溶解态为主,其存在状态较为稳定。原水最大最小值相差68倍,过滤水73倍,就整个沅江流域来说变化是不大的。其区域河水(原水)和过滤水铀背景值分别为 0.23 和 $0.22\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

5. 澧水流域

澧水有南北中三源在龙江口汇合,澧水全长378km,是四水中最短的一条河,流域面积18900 km^2 。澧水流域受燕山造山运动的强烈影响,被一系列的褶皱所布满,自古生代以来全无火成岩,而沉积岩广泛出露,上游多高山,中游多丘陵,下游为平原。该流域位于长江之南,属温湿的亚热带季风型气候,雨量充沛,乔木森林丰富,多暴雨,本区域有一些自然保护区,因此流域面积虽小仍设较多断面,共设27个断面,另取部分泉水断面。表5.1给出了测定结果,由表可知澧水发源地带的南北中三源铀水平都较低,约在 $0.1\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,到三源汇合后的桑植有些升高,直到中下游过滤水变化都不大,原水中游较高(见图5.1)。澧水支流仙阳河(杜家岗)、澧水(袁公渡)、澧水(鹤峰)第一次取的原水样(均为1983年9月只相隔两天取的样本)含铀量比相应的过滤水样高3~9倍。第二次(1984年9月取样)

表4.1 湘江流域水中铅含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

断面编号	采样断面描述	原 水		过滤水	
		第一次	第二次	第一次	第二次
dy-01	支流猛洞河水顺杨柳村	0.27	0.23	0.21	0.10
dy-02	支流酉水来凤团结桥	0.41	0.47	0.29	0.46
dy-03	酉水城步里州	0.036	0.027	0.015	0.022
dy-04	通道河通道临冲	0.011	0.020	0.016	0.009
dy-05	通道河左支黄土岩乌冲	0.010	0.013	0.017	0.014
dy-06	通道地阳坪公路桥	0.027	0.031	0.018	0.037
dy-07	清水江临源溪寨		0.27	0.24	0.26
dy-08	尧江锦屏三江镇大河	0.05	0.063		0.050
dy-09	绥水会同公路桥	0.33	0.046	0.26	0.047
dy-10	酉水黔阳若水	0.044	0.038	0.076	0.038
dy-11	干流黔阳石灰州山岩湾	0.22	0.17	0.11	0.22
dy-12	干流清水江黔阳托口镇	0.19	0.20	0.26	0.22
dy-13	扶溪河玉屏快溪	0.29	0.23	0.18	
dy-14	辰水锦江河仁健全	0.18	0.13	0.16	0.15
dy-15	花垣河松桃桂花	0.26		0.20	0.20
dy-16	酉水龙山里耶	0.30	0.29	0.40	0.30
dy-17	花垣河毛沟	0.37	0.36	0.38	0.32
dy-18	武水吉首城寨	0.43	0.43	0.58	0.42
dy-19	武水沅江凤凰清平湾	0.46	0.46	0.49	0.44
dy-20	瀘水瀘溪统溪河		0.23	0.14	0.22
dy-21	兰溪河岩屋滩水库	0.68	0.68	0.66	0.54
dy-22	干流兰溪河口岩屋滩	0.23	0.45	0.36	0.38
dy-23	酉水凤滩水库	0.29	0.38	0.26	0.40
dy-24	怡溪河马底驿	0.24	0.22	0.12	0.20
dy-25	干流桃源尧河	0.35	0.41	0.10	0.35
		0.32*	0.18**	0.36*	0.36**
dy-26	白洋河黄石水库	0.27	0.24	0.23	0.29
dy-27	清水江瓦厂寨水				0.008

* 第三次取样 ** 第四次取样

表4.2 沅江水铀背景值 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

		样本数	分布类型	\bar{X}	范围	S	CV%	最小—最大
原水	第一次	24	正	0.25	0—0.52	0.16	66.6	0.010—0.68
	第二次	24	偏	0.22	0.02—0.45	0.16	70.0	0.013—0.47
	总	48	偏	0.24	0.027—0.43	0.16	68.2	0.01—0.68
过滤水	第一次	25	偏	0.21	0.018—0.49	0.17	80.8	0.015—0.66
	第二次	26	偏	0.22	0.022—0.42	0.16	73.5	0.009—0.54
	总	51	偏	0.22	0.018—0.44	0.16	74.2	0.009—0.66
原水	I	26	正	0.23	0—0.49	0.16	71.5	0.010—0.47
	II	22	正	0.24	0—0.50	0.16	68.8	0.027—0.68
过滤水	I	27	正	0.22	0—0.48	0.16	73.8	0.009—0.59
	II	24	正	0.24	0—0.52	0.17	69.9	0.018—0.66

的原水含铀量与相应的过滤水含量很接近。第一次取的这几个原水样品比较混浊并有细砂沉淀。

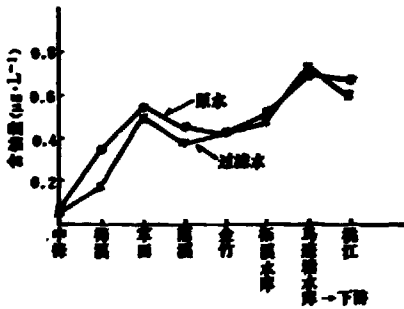


图5.1 沅水干流含铀量沿河变化

因此可能是颗粒物和悬浮物中含铀较高或对铀有吸附作用,水中铀以非溶解态为主存在。该流域内的张家界自然保护区是低铀背景区,沅水流域是最高背景区,所设断面附近无人为污染源存在,其原水和过滤水检出范围分别是0.73~1.82和0.81~1.74 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。表5.2给出了47个原水样和42个过滤水样统计处理结果。可见原水和过滤水最大和最小相差分别为390和290倍,变化也是比较大的,这与该流域地理环境特征有关。由表5.2可知该流域铀环境背景

值原水和过滤水分别是0.18和0.11 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

6. 流域内一些水库

水库是地表水的一个方面,它汇集了较大区域的河水(包括降雨、雪和径流),在不受人类活动影响的情况下更能代表某一范围内的水中背景值的平均效应。表6.1给出了这些结果。显然因其纳水来源和位置不同,情况会有很大差别,但我们可以看出除了龙门水库(1984年12月所取原水样裂变径迹分布很不均匀,大小圆状分布很多,这些圆的大小超过0.45 μm ,因此说明水中铀不是溶解态存在,可能多吸附在 $>0.45\mu\text{m}$ 的颗粒物、悬浮物上,或者颗粒物本身含铀较多。与过滤水相差20多倍,此断面位于海拔379m的辰水源头,样本可能不具代表性)和黄材水库(因缺少第一次过滤水样,不便推断)外,两次取样的原水和过滤水中铀含量变化都较小而且接近。处于茂密的原始次森林区的自然保护区内的湖泊水铀背景值是

表5.1 滦水流域水中镉含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

断面编号	采样断面描述	原 水		过滤水	
		第一次	第二次	第一次	第二次
d1-01	干流滦市大畦	0.45	0.41	0.39	0.41
d1-02	干流滦县张公庙	0.39	0.46	0.23	0.44
d1-03	支流道水官渡灌坪	0.92	0.73	0.97	0.81
d1-04	道水石门奈家桥	0.82	1.82	1.05	1.74
d1-05	仙阳河石门杜家岗	1.16	0.40	0.22	0.40
d1-06	滦水石门袁公渡	1.16	0.35	0.27	0.28
d1-07	滦水石门泥沙	0.25	0.33	0.24	0.27
d1-08	滦水鹤峰水文站	1.97	0.33	0.23	0.27
d1-09	滦水鹤峰走马坪	0.30		0.10	
d1-10	干流石门三江口	0.57	0.49	0.16	0.43
d1-11	滦水石门皂市	0.29			
d1-12	干流慈利柳林铺	0.57		0.27	
d1-13	滦水江垓赵家岗	0.39	0.34	0.37	0.28
d1-14	滦水江垓九溪	0.37	0.64	0.25	0.32
d1-15	干流大寨白龙泉	0.33	0.28	0.38	0.24
d1-16	张家界白沙井	0.005	0.008		0.014
d1-17	张家界枇杷溪	0.002	0.010		0.006
d1-18	张家界金鞭溪	0.008			
d1-19	干流桑植南岔	0.23		0.30	
d1-20	岚黄溪桑植芭茅溪	0.085	0.13	0.11	0.13
d1-21	桑植芭茅溪村	0.087	0.18	0.10	0.11
d1-22	中源桑植新街	0.17	0.18	0.13	0.16
d1-23	中源桑植八大公山	0.006	0.15	0.010	0.15
d1-24	南源永顺砂枫	0.17	0.027	0.024	0.027
d1-25	滦水察西峪管理处	0.20	0.32	0.23	0.19
d1-26	滦西峪金鞭溪	0.21	0.31		0.19
d1-27	滦西峪宝凤湖	0.013	0.014		0.017
d1-28	滦西峪三所泉水				0.006
d1-29	滦西峪二所泉水		0.013		
d1-30	滦西峪管理局饮用水				0.41
d1-31	石门温泉水		0.008		0.005
d1-32	石门滴水岩泉水				0.52

表5.2 滤水轴青含量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

		样本数	分布类型	\bar{X}	范围	S	CV%	最小—最大
原水	第一次	25	偏	0.29	0.008~1.16	0.48	166.46	0.005~1.97
	第二次	22	偏	0.32	0.010~0.64	0.38	118.09	0.008~1.82
	总	47	偏	0.30	0.01~0.82	0.43	144.66	0.005~1.97
过滤水	第一次	20	偏	0.24	0.024~0.39	0.28	117.13	0.01~1.05
	第二次	22	偏	0.26	0.014~0.44	0.37	146.43	0.006~1.74
	总	42	偏	0.24	0.017~0.44	0.33	136.49	0.006~1.74
原水	I	30	偏	0.18	0.008~0.4	0.28	159.93	0.005~1.16
	II	16	偏	0.46	0.33~1.16	0.57	125.92	0.28~1.97
过滤水	I	26	对数正	0.11	0.013~1.04	0.25	213.69	0.006~0.97
	II	16	偏	0.30	0.23~0.44	0.43	142.28	0.16~1.74

最低的。这可能是因为海拔较高，森林茂密，雨水充沛，长期冲刷，大量稀释的。

表6.1 流域水库含轴量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

所属流域	位置描述			原水			过滤水		
	名称	海拔(m)	底质	第一次	第二次	平均	第一次	第二次	平均
湘江	欧阳海水库	121	石、泥	0.36	0.46	0.41±0.07	0.41	0.51	0.46±0.07
	酒埠江水库	158	泥	0.70	0.52	0.61±0.13	0.61	0.54	0.58±0.05
	黄材水库	151	泥	1.26	0.29		0.71*	0.25	
资水	马迹塘水库	82	卵石、砂	0.71	0.66	0.70±0.04	0.75	0.72	0.78±0.08
				0.74*			0.87*		
	柘溪水库	476	卵石、灰泥	0.55	0.48	0.52±0.05	0.53	0.42	0.48±0.08
	威西水库**	582	泥	0.007	0.026	0.016±0.013	0.007	0.012	0.009±0.004
沅江	乌树下龙门	379	泥	0.76	2.07		0.62	0.088	
	岩屋塘水库	222	卵石、灰泥	0.68	0.68	0.68	0.66	0.54	0.60±0.08
	凤港水库	262	卵石	0.29	0.38	0.34±0.06	0.26	0.40	0.33±0.10
澧水	黄石水库	108	泥	0.27	0.24	0.26±0.02	0.23	0.29	0.26±0.04
	东泉水库	103	泥	0.92	0.73	0.82±0.13	0.97	0.81	0.89±0.11
	宝凤湖**	710		0.013	0.014	0.014±0.001		0.017	

*第三次取样 **位于自然保护区

7. 部分泉水含铀量

泉水是河水的重要补给来源之一，泉水的含铀量可能直接或间接地影响河水的含铀量，而泉水本身的含铀量受所处地层环境（温度、pH值、地层含铀量和大气降水的渗透等），的影响。表7.1给出了部分泉水含铀量及其附近河流断面水测定值对照。

表7.1 部分泉水和河水含铀量对照 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

泉水位置	原水	过滤水	附近河流断面位置	原水	过滤水
紫溪杨柳塘	0.70		紫溪杨柳塘	0.46	0.51
江华濂江	0.019		沱水濂江渡	0.055	0.041
涟源兰田镇	0.61		涟水涟源兰田镇	0.53	0.43
武 阳		0.59	寥水武阳肖家	0.076	0.078
乌树下	1.08		乌树下龙门水库	2.07	0.088
清水江瓦厂		0.008	清水江潘寨下瓦厂	0.27	0.26
漓西峪三所		0.006	漓西峪宝凤湖	0.014	0.017
漓西峪二所	0.013				
漓西峪管理局		0.41	漓西峪凉水	0.31	0.19
石门温泉	0.008	0.005	仙阳河石门杜家岗	0.40	0.40
石门滴水岩		0.52	漓水石门袁公渡	0.35	0.28
浏阳河白沙	0.021		浏阳河白沙	0.017	0.016

即使泉水与河流断面的地理位置很近，它们的含铀量有时也会相差很大，因为河水接纳的不只是一处的泉水，还有来自上游大小支流、大气降水和人类活动的废水等，而泉水处在特定的位置（当然也有较远地下输送的）上述因素影响较小而特定环境影响突出，如石门温泉水样碱性很强（水渍为一层白碱），影响了铀向水中的溶解，其含铀量比附近河水低多了。但由表7看，大多数泉水和附近河水含铀量是比较接近的，因此在大多数情况下，泉水有可能作为某区域地表水铀背景值的参考。

8. 自然保护区

流域内有张家界、漓西峪、八大公山等自然保护区，这些自然保护区都是海拔很高长满原始次森林的山区，这些地区水中铀含量可能代表更久远年代以前的背景值，表8.1的结果表明自然保护区的铀水背景值是很低的。这些高山地带水中铀含量低可能与雨量充沛而长期冲刷表生风化剥蚀基岩、土壤等，使其相对变贫并充分稀释有关系。整个洞庭湖水系一百多断面中，植被为原始次森林的断面之水样含铀量尽管不同，有差十几倍的，但总的来说都是很低的。反过来，水背景值低的断面并不都是原始次森林植被。

9. 水中含铀量的季节性变化

洞庭湖流域雨量充沛，降水量的季节性变化大，春季占40%，夏季占30%，冬季仅占12%，全年雨量60~70%集中在4至9月。随季节不同气温变化很大，采集样本时温度范围是-4~34℃。同一断面样本中含铀量可能会受到季节（以及温度）变化的影响，表9.1列出了几个断面不同时间（水温不同）采的样本的测定结果。图9.1给出了桃花江南石堰和

表8.1 自然保护区水中铊背景值 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

名称	地点	海拔 (m)	土壤	原水		过滤水		范围	平均
				第一次	第二次	第一次	第二次		
张家界	白沙井	900	山地黄	0.005	0.008		0.014	0.005—0.014	0.008—0.003
	枇杷溪	800	山地黄		0.010		0.006		
	金鞭溪	700	山地黄	0.008					
涪西峪	涪水	700	山地黄	0.20	0.32	0.23	0.19	0.013—0.32	0.17±0.11
	金鞭溪	640	山地黄	0.21	0.31		0.19		
	宝凤湖	710	山地黄	0.013	0.014		0.017		
威	西水库	582	红黄	0.007	0.026	0.007	0.012	0.007—0.026	0.013±0.010
	芭茅溪纸厂	583	山地黄、棕	0.085	0.13	0.11	0.13	0.085—0.13	0.11±0.02
	芭茅溪村	538	山地黄	0.087	0.18	0.10	0.11	0.087—0.18	0.12±0.04
	八大公山	1400	山地黄	0.006	0.15	0.010	0.15	0.006—0.15	0.08±0.08

表9.1 不同采样时间的水含铊量 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)

桃源尧河	采样时间	1983.12	1984.8	1984.9	1985.1
	气温 (°C)	7		33	
	原水	0.35	0.41	0.32	0.18
	过滤水	0.10	0.35	0.36	0.36
桃花江南石堰	采样时间	1984.2	1984.8	1984.9	1985.1
	气温 (°C)	9		23.5	
	原水	0.71	0.59	0.81	0.78
	过滤水	0.93	0.68	0.57	0.84
马迹塘水库	采样时间	1984.1		1984.9	1985.1
	气温 (°C)	0		26	
	原水	0.71		0.66	0.74
	过滤水	0.75		0.72	0.87

桃源尧河两个断面含铊量季节性变化趋势。不同时间采集的样本含铊量是有变化的，但是看不出随季节不同而含铊量有一定的变化规律。由于水环境系统的不确定性，开放性，河流水体的流动性，可变性和动态性常使同一空间不同时间收集的样本观测结果有很大差异，因此季节性变化的影响很可能淹没在这种影响之中。因此可以说水系铊背景值随采样时间的季节

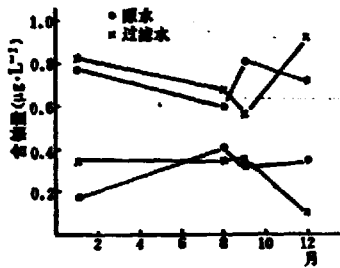


图9.1 水中含铅量的季节性变化
(上) 桃花江南石坝 (下) 桃源尧河

性变化不大。

10. 洞庭湖水系的铅背景值

整个洞庭湖水系一百多个断面原水 198 个样本, 过滤水 188 个样本按区域 I 和 II 的计算机的统计处理结果给在表 10.1 中。其分布均为偏态分布, 未开发区的铅水平比轻度开发区低 1~1.5 倍。由图 10.1 可见洞庭湖水系平均铅水背景值为原水 $0.21\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 过滤水 $0.13\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 比北美河流均值^[2]、长江均值^[3]、日本十大河均值^[4]、美国河流均值^[5]都小, 其检出范围上限远低于世界淡水^[6]和河水^[7]的值。

表 10.1 洞庭湖水系铅水背景值 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)

		样本数	分布类型	\bar{X}	范围	S	CV%	最小—最大
I	原水	第一次	偏	0.21	0.011~0.76	0.30	142.96	0.005~1.16
		第二次	对数正	0.16	0.018~1.35	0.38	239.62	0.008~1.83
		总		0.21	0.014~0.76	0.33	157.49	0.005~1.83
	过滤水	第一次	对数正	0.145	0.018~1.20	0.30	205.79	0.007~1.09
		第二次	对数正	0.12	0.014~1.12	0.33	266.44	0.006~1.71
		总		0.13	0.016~1.15	0.31	234.12	0.006~1.71
II	原水	第一次	偏	0.42	0.22~0.78	0.38	89.36	0.027~1.97
		第二次	偏	0.45	0.046~0.64	0.41	92.12	0.031~2.07
		总	偏	0.43	0.17~0.78	0.39	91.33	0.027~2.07
	过滤水	第一次	偏	0.28	0.11~0.67	0.24	85.65	0.018~1.05
		第二次	偏	0.39	0.047~0.54	0.31	80.73	0.037~1.74
		总	偏	0.36	0.088~0.66	0.27	76.20	0.018~1.74

11. 洞庭湖流域低铅背景区

湘江流域的捞刀河、浏阳河上游、资水流域和沅江上游、澧水和沱江上游; 资水流域黄泥河、廖水河、夫夷水和朗水或西水; 沅江流域亮江、巫水和渠水流域; 澧水流域源头和张家界自然保护区, 这些区域都没有人类活动的影响, 其清洁断面水中铅大都在 $0.1\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下, 频数分布为偏态, 其原水 43 个样本中值为 $0.038\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 范围是 0.007~0.094, 过滤水 39 个样本中值是 $0.032\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 范围是 0.009~0.067。因此可以认为是洞庭湖水系水中含铅量低的背景区, 其均值比水系背景均值低 3~4 倍。

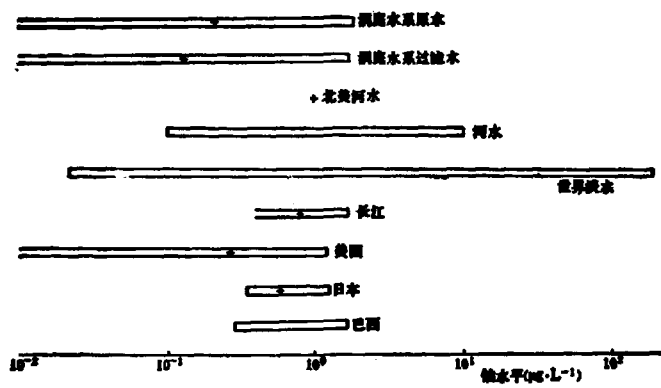


图10.1 国内外河水的铀水平
+平均值左边未封口者表示小于此值

12. 洞庭湖流域高铀水背景区

整个水系中未受人为污染源影响而其含量又很高的地区不多。浙江上游比平均值高2~4倍。其次来水西河上游、侧水上游和酒埠江水库水中铀比均值高一倍多。资水支流沂溪下游比水系均值高出3~6倍，桃花江上游高2~4倍，邵水上游高1~2倍。沅江流域几乎找不出未受人为影响的高值区。澧水支流道水流域含铀很高，比水系平均水平高1.5~6倍以上这些地区水中铀含量（4次以上检出）都在 $0.5\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上，又无人为污染源影响，因此可认为是洞庭湖水系水中铀高背景值区。

13. Th/U和 $^{228}\text{Ra}/\text{U}$ 比值

表13.1列出了洞庭湖水系水样的Th/U和 $^{228}\text{Ra}/\text{U}$ 比值以及与国内外的比较。由表可看出水中铀含量一般都高于钍含量，因此比值大都小于1，因为铀的化学性质比较活泼，在河水与沉积物交换的过程中较易溶到水中而钍则相对难溶。洞庭湖水系的Th/U比值高于日本十条河流平均比值，稍高于长江的比值。

表13-1 Th/U和 $^{228}\text{Ra}/\text{U}$ 比值

	区域	样本数	范围	均值
Th/U	长江 ^[3]			0.31
	日本十条河 ^[4]	10	0.021~0.141	0.05
	洞庭水系*	84	0.02~1.74	0.42
$^{228}\text{Ra}/\text{U}$	长江			0.36×10^{-6}
	洞庭水系*	95	0.04~1.46	0.42×10^{-6}

*Th和 ^{228}Ra 数据来自石瑞林等

水中 $^{228}\text{Ra}/\text{U}$ 比值平均略高于长江结果和U， ^{228}Ra 平衡比值 0.34×10^{-6} ^[4]，表明

洞庭湖水系水中U和²²⁶Ra基本上还是处于平衡状态的。

本工作得到湖南省环保所的支持和帮助谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 程鹏济、康铁红、张志尧, 分析试验室 4, 10 (1985) 8
- [2] H. Blatz, Radiation Hygiene Handbook, Ed. 1, pp8~12, McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1959
- [3] 长江水系放射性水平研究协作组, 长江水系放射性水平及其卫生学评价, 1983年
- [4] Yasuo Miyake, Yukio Sugimura and Hiroyuki Tsubota, The Natural Radiation Environment, University of Chicago Press, Chicago pp221~222, 1964
- [5] K. K. Bertine, L. H. Chan and K. K. Turekian, Geochim. Cosmochim. Acta, 34, (1970) 641
- [6] 水平翻译组, 电离辐射: 水平与效应 I (水平), p. 28 原子能出版社, 1978年
- [7] 刘英俊等, 元素地球化学 pp219~226 科学出版社, 1984年

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



P.O. Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre