

## 环境监测

# 大源渡库区表层沉积物中重金属污染状况<sup>1)</sup>

为了了解大源渡库区(湘江衡阳段)合坝发电后重金属的污染状况,于 1999 年 8 月和 2000 年 8 月分别对库区 12 个断面表层沉积物样品中重金属的含量进行测定。在以往工作的基础上,将合坝发电后重金属的含量与背景值、历史值进行比较分析,并用地质积累指数法和潜在生态危害指数法对库区水系的重金属污染和生态危害进行了评价。

### 1 样品采集与分析

本调研共设 12 个断面,每个断面设左、右 2 个采样点。采集的样品为 5cm 以内的表层沉积物。将样品在室温风干,研碎,过 100 目筛。用标准方法对样品中的 Cr, Pb, As, Hg, Cd, Cu, Zn 进行分析。

### 2 重金属在不同断面表层沉积物中的含量

测定结果表明,库区表层沉积物中总铅、总镉平均含量较高处为松柏(左)、新塘铺(右)和松柏(右),总铅含量分别达到  $5057.90\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $488.54\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $433.74\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;总镉含量分别为  $358.20\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $19.89\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $17.27\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。总铬平均含量较高处为松柏(左)  $97.66\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,新塘铺(右)  $86.93\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和蒸水口(左)  $83.22\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;总铜平均含量较高处为松柏(右)  $824.44\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、春陵交河口  $216.28\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和新塘铺(左)  $144.87\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;总锌平均含量较高处为松柏(右)  $6893.88\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,新塘铺(右)  $1273.94\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,春陵交河口  $784.54\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;总汞平均含量较高处为松柏(右)  $1720.82\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,新塘铺(右)  $237.30\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和春陵交河口  $168.28\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

### 3 与背景值的比较

合坝后两年库区表层沉积物中重金属测定平均值与背景值的比较见表 1。由表 1 可见,除铬以外,其它重金属的测定值均高于背景值。且 100% 测定点样品中镉、铅的测定值均超过背景值;90% 测定点样品中锌、汞、砷的测定值超过背景值;78% 测定点样品中铜的测定值超过背景值,说明库区水系的汞、镉、铅、砷、铜、锌均表现出明显的富积,污染较为严重。

表 1 表层沉积物中重金属的测定平均值与背景值 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) 比较

项 目	铬	汞	镉	铅	砷	铜	锌
测定均值	67.06	0.96	19.74	402.93	186.47	131.60	1025.25
背景值	90	0.15	0.20	35	15	35	100
测定值/背景值	0.75	6.40	98.70	11.51	12.43	3.76	10.25

### 4 合坝前后二年重金属含量比较

合坝后二年库区表层沉积物中重金属的含量与合坝前二年测定值的比较见表 2。由表 2 可见,合坝后二年铅、镉、砷、铜、锌的测定均值高于合坝前二年的测定均值,汞、铬的测定均值基本持平。

1) 衡阳市科委资助课题,编号: 2000239。

原因除了库区沿岸工业废水排放量的变化以外, 合坝后水动力条件改变应是决定重金属累积程度的重要因素.

表 2 合坝前后二年表层沉积物中重金属含量 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 比较

年 份	汞	铅	镉	铬	砷	铜	锌
1996 年 (合坝前)	1.04	621.12	13.07	89.81	97.59	137.05	575.13
1997 年 (合坝前)	1.07	174.61	13.71	83.70	25.23	61.51	783.76
1999 年 (合坝后)	1.08	281.95	12.84	70.16	211.77	144.41	1298.12
2000 年 (合坝后)	0.84	523.90	26.64	63.97	161.17	118.79	752.38
合坝前二年均值	1.05	397.91	13.42	6.70	61.43	99.30	679.42
合坝后二年均值	0.96	402.93	19.74	67.06	186.47	131.60	1025.25

## 5 重金属污染水平评价

评价水环境沉积物中重金属污染的常用定量指标为地质积累指数, 其计算公式为:

$$I_{(geo)} = \log_2 C_n / (KB_n)$$

式中,  $C_n$  为重金属的实测含量 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),  $B_n$  为普通页岩中该金属元素的地球化学平均背景值,  $K$  为考虑造岩运动可能引起的背景值波动而设定的常数 ( $K = 1.5$ ).

$I_{(geo)}$  及重金属污染级别见表 3 和表 4. 由表 3 和表 4 可知, 合坝前后二年 Cd, Pb, As, Zn 均大大超过地球化学平均背景值, 为库区沉积物中的主要积累元素, 其污染级别为中度污染—重度污染. Hg 和 Cu 为轻度污染. 合坝后与合坝前相比, 除 Cr 和 Hg 以外, 其它重金属污染程度均有所加剧.

表 3 合坝前后二年库区沉积物中重金属  $I_{(geo)}$  比较

项 目	铬	汞	镉	铅	砷	铜	锌
地球化学平均背景值 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	62	0.35	0.40	34.0	13.0	45	97
合坝前二年均值 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	86.7	1.05	13.42	397.9	61.43	99.36	679.42
合坝后二年均值 ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	67.06	0.96	19.74	402.93	186.47	131.60	1025.25
$I_{(geo)}$ (前二年)	-0.10	1.13	4.48	2.96	1.65	0.56	2.76
$I_{(geo)}$ (后二年)	-0.47	0.87	4.62	2.98	3.26	0.96	2.82

表 4 重金属污染级别与  $I_{(geo)}$  比较

项 目	清洁	轻度污染	偏中度污染	中度污染	偏重度污染	重度污染	严重污染
$I_{(geo)}$	< 0	> 0 ~ ≤ 1	> 1 ~ ≤ 2	> 2 ~ ≤ 3	> 3 ~ ≤ 4	> 4 ~ ≤ 5	> 5
污染级别	0	1	2	3	4	5	6

## 6 重金属潜在生态危害评价

潜在生态危害指数可以综合反映沉积物中重金属对生态环境的影响潜力. 若以  $Q^i$  表示某一重金属的污染系数,  $C_{表}^i$  表示沉积物中某一重金属的实测浓度,  $C_n^i$  表示某一重金属的背景值,  $T_r^i$  表示各重金属的毒性响应系数 ( $T_r^i$  值为: Cr 2, Hg 40, Cd 30, Pb=Cu 5, As 10, Zn 1),  $E_r^i$  表示某重金属潜在生态危害系数,  $RI$  表示沉积物中多种重金属潜在生态危害指数: 可按下列计算式计算  $E_r^i$  和  $RI$ .

$$Q^i = C_{表}^i / C_n^i$$

$$E_r^i = T_r^i \times Q^i$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_{表}^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_{表}^i / C_n^i$$

$E_r^i$  与水系重金属污染程度的关系:  $E_r^i < 40$  属轻微生态危害;  $40 \leq E_r^i < 80$  属中等生态危害;  $80 \leq E_r^i < 160$  属强生态危害;  $160 \leq E_r^i < 320$  属很强生态危害;  $E_r^i \geq 320$  属极强生态危害.

$RI$  与重金属潜在生态危害的关系:  $RI < 150$  属轻微生态危害;  $150 \leq RI < 300$  属中等生态危害;  $300 \leq RI < 600$  属强生态危害;  $RI > 700$  属很强生态危害.

由表 5 可知, 合坝前后二年  $RI$  值均超过 700, 且合坝后二年比合坝前二年  $RI$  增大. 这既反映了沉积物中重金属污染的严重性和难恢复性, 又反映了合坝发电后库区的重金属污染程度及潜在生态危害进一步加剧. 合坝前后  $Cd$  的  $E_r^i$  均大于 320, 属于极强生态危害, 也是库区生态危害指数 ( $RI$ ) 增高的主要因子; 合坝前后,  $Hg$  的  $E_r^i$  均大于 160, 为很强生态危害元素;  $As$  的  $E_r^i$  值大于 40, 为强生态危害;  $Cr$ ,  $Pb$ ,  $Cu$ ,  $Zn$  均属轻微生态危害元素. 从生态环境危害性这一角度来看, 大源渡库区水系沉积物中主要生态危害元素为  $Cd$ ,  $Hg$  和  $As$ .

表 5 沉积物中重金属潜在生态风险评价

项 目	铬	汞	镉	铅	砷	铜	锌
背景值	90	0.15	0.20	35	15	35	100
合坝前二年	86.7	1.05	13.42	397.91	61.43	99.36	679.42
合坝后二年	67.06	0.96	19.74	402.93	186.47	131.6	1025.25
$E_{ir}^i$ (合坝前二年)	1.93	280	2013	37.5	40.9	14.2	6.8
$E_{ir}^i$ (合坝后二年)	1.49	256	2961	38.0	124.3	18.8	10.3
$RI$ (合坝前二年)	2394.3						
$RI$ (合坝后二年)	3409.9						

许金生<sup>1)</sup> 冯泳兰<sup>1)</sup> 袁亚莉<sup>2)</sup> 邓 健<sup>2)</sup> 陈 文<sup>3)</sup> 供稿

1) 衡阳师范学院, 2) 南华大学, 3) 衡阳市环境监测站