

广东某水库底泥重金属含量特征及风险评价

周 棉

(深圳市西丽水库管理处, 广东 深圳 518055)

摘 要: 广东省某水库底泥淤积较为严重,且存在重金属污染的风险,通过单项污染指数法和潜在生态风险评价法,对底泥样品中的 Cr、Ni、Pb、Cu、Zn、Mn、Sb 等 9 种典型重金属的含量进行了检测。结果表明,该水库底泥存在重金属污染风险,其中 Cd、Mn 污染最严重,Ni、Cu、Zn 污染较为严重,Pb、Cr、Sb 及 Tl 污染较小。底泥污染和生态风险最严重区域主要集中在河流入库口附近,水库中心区污染和生态风险程度相对较低。

关键词: 水库; 底泥; 重金属; 含量特征; 风险评价

中图分类号: X705 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)05-0104-04

Concentration Characterization and Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment of a Reservoir in Guangdong

ZHOU Mian

(Shenzhen Xili Reservoir Administration Department, Shenzhen 518055, China)

Abstract: A reservoir in Guangdong has severe sediments deposition with high risk of heavy metal pollution. Concentrations of nine typical heavy metals in sediment samples were tested and assessed, using the single pollution index and potential ecological index methods. The sediment exhibited several heavy metal pollution problems, including high index of Mn and Cd, moderate pollution of Ni, Cu and Zn, and slight pollution of Pb, Cr, Sb and Tl. Sediment pollution and ecological risks of heavy metals were worse at reservoir inlets in comparison with the central part of the reservoir.

Key words: reservoir; sediment; heavy metal; concentration characteristics; risk assessment

广东省某水库原设计以灌溉为主,并结合发电。随着经济的发展,该水库成为兼具城市供水、原水调蓄和城市防洪功能的中型水库。由于河流下排泥沙的积累,该水库淤积较为严重,且主要集中在河道入库口附近。同时,目前部分入库河流污染较重,带入水库的污染物较多。

底泥是重金属物质在水体中的贮藏库,在适当条件下底泥中的重金属污染物有可能再次释放,从而造成二次污染^[1,2]。因此,底泥中重金属含量常被用作判别水环境质量的重要参考指标。笔者对目标水库底泥进行采样,检测其中重金属物质的种类

与浓度分布,可为水库的运营管理及设计清淤方案提供参考。

1 水库采样点布置

根据水库底泥的淤积特点,将其分为 6 个区域,如图 1 所示。可知,1 区为水库中心区域,水域面积占总面积的 51.2%,底泥淤积厚度增加缓慢。3、5、6 区分别为不同河流入库口区域,水域面积之和占总面积的 17.1%,淤积厚度增加较快,其增量达每年几十厘米。各区域中,采用边长为 300 m 的均匀网格将水面分成若干块,在该方形区域和面积 $\geq 4.5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的区域内均设 1 个采样点($< 4.5 \times 10^4 \text{ m}^2$

的区域不设采样点)。底泥淤积较为严重的水道增加 1 个采样点。同时,每个采样点(附近 10 m 范围)均采集平行样。

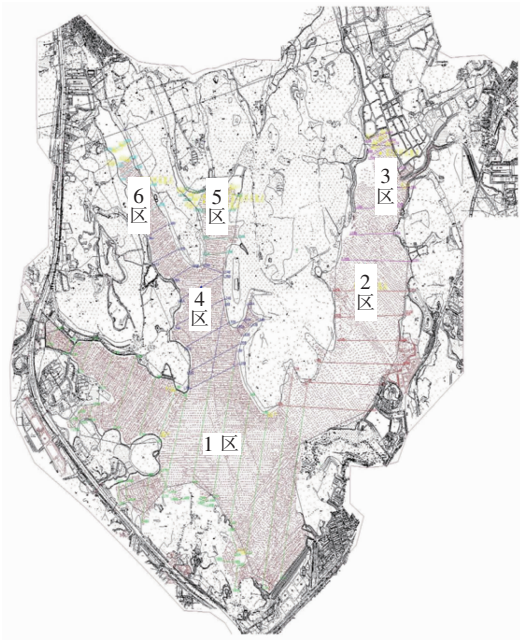


图 1 水库底泥采样分区

Fig. 1 Sediment sampling regions of reservoir

2 检测与分析方法

利用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)测定底泥中 Cr、Ni、Pb、Cu、Zn、Mn、Sb 等 9 种典型重金属的含量,检测方法参照 GB/T 5750.6—2006。

3 评价方法

3.1 污染负荷指数法

污染负荷指数法简单易行,可直观反映各污染要素的状况。单项污染指数按式(1)计算。

$$P_i = C_i / S_i \tag{1}$$

表 1 底泥中重金属含量

Tab. 1 Concentrations of heavy metals in sediment

mg · kg⁻¹

项 目	重金属含量								
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Sb	Tl	Pb
含量范围	5.74 ~ 31.94	28.74 ~ 470.05	1.86 ~ 32.25	1.21 ~ 39.96	21.59 ~ 130.50	0 ~ 0.60	0.07 ~ 1.95	0.11 ~ 2.87	7.83 ~ 58.61
平均值	14.25	222.11	9.32	12.31	53.63	0.10	0.57	0.71	31.5
标准差	6.85	69.35	6.78	9.31	31.15	0.14	0.33	0.22	8.92
深圳市土壤环境质量背景值	27.50	132.50	10.60	10.70	49.70	0.07	0.76	0.85	35.87

由表 1 可知,Mn、Cu、Zn、Cd 含量平均值明显高于其相应的背景值;其他 5 种重金属含量平均值虽未超出其相应背景值,但含量范围都存在不同程度的超标现象。

式中, P_i 为元素 i 的单项污染指数; C_i 为污染物实测浓度,mg/kg; S_i 为评价参比值(mg/kg),本研究以深圳市土壤环境质量背景值为参比值。

单项污染指数 > 1,表明该项参数超过了规定的环境质量标准,即其对人类及水生生态系统具有潜在危害,不能满足使用要求;

单项污染指数 = 1,表明该项参数处于污染临界状态;

单项污染指数 < 1,表明该项参数低于规定的环境质量标准,满足使用要求。

3.2 潜在生态风险评价法

Hakanson 建立的生态风险指数法根据底泥中的重金属含量,结合金属种类、毒性及背景差异反映底泥中重金属可能造成的生态危害,是目前国际上认可的沉积物中重金属风险评价方法之一。其计算见式(2)。

$$RI = \sum E_i = \sum (T_i \times P_i) \tag{2}$$

式中,RI 为重金属潜在生态风险指数; E_i 为重金属 i 的潜在生态风险系数; T_i 为重金属 i 的毒性响应系数,其中毒性响应系数 Cd(30) > Cu(5) = Pb(5) = Ni(5) > Cr(2) > Zn(1) = Mn(1)。

当 E_i 分别为 < 40、40 ~ 80、80 ~ 160、160 ~ 320、> 320 时,对应的潜在生态危害程度分别为轻度、中度、强、很强、极强;当 RI 分别为 < 150、150 ~ 300、300 ~ 600、> 600 时,对应的潜在生态风险程度分别为轻度、中度、强、很强^[3,4]。

4 结果与讨论

4.1 水库底泥重金属含量特征

检测区域底泥中 9 种典型重金属的含量,结果如表 1 所示。

图 2 为 Cd、Cu、Zn、Ni 在该水库中不同区域的含量分布。可知,4 种生态毒性较高的重金属元素在第 1 区含量普遍较低。检测区域底泥中重金属 Cd 约一半采样点未检出,但在第 3、5、6 区含量非常

高。重金属 Zn 的总体含量很高,在第 2~6 区均超出背景值。水库底泥中 Cu 的总体含量较高,在第 2、3、4、6 区均超出背景值。重金属 Ni 浓度的最大值出现在第 4 区,且浓度较高。底泥中 Mn 含量在 6 个区域中均高于背景值;Cr 的最大值出现在第 3 区;重金属 Sb、Tl 及 Pb 含量较低,但均在第 3、6 区含量相对偏高。重金属元素在第 3~6 区的浓度较高,表明在河流入库口处可能存在重金属元素点源输入的情况。

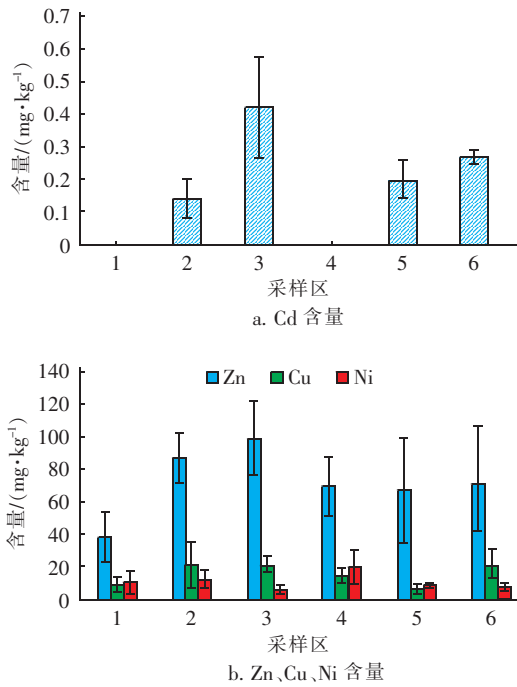


图 2 水库各区域中 Cd、Zn、Cu、Ni 的含量

Fig. 2 Concentrations of Cd, Zn, Cu and Ni in sediment

4.2 底泥重金属污染特征及风险评价

表 2 为该水库 6 个区域内典型重金属元素的单项污染指数。由于 Sb 和 Tl 的污染轻微且毒性不明显,故未纳入后续风险评价中。由表 2 可知,水库底泥中重金属 Cd 污染非常严重,虽有一半采样点未检出,但检出的采样点污染指数均大于 1,且第 3 区污染尤为严重,个别采样点污染指数达到 8 以上。Mn 污染亦很严重,采样点污染指数全部大于 1,且 35 个采样点中 13 个采样点的污染指数在 2~3 之间,东江水入库口区域污染较严重,污染指数最高达 6.55。Cu 污染较严重,且第 2、3、6 区污染指数较高,其中两个采样点污染指数均大于 3。Zn 污染主要集中在第 2、3、6 区,其中 5 个采样点的污染指数在 2~3 之间。Ni 的污染在第 4 区最严重,有 3 个采

样点污染指数在 2~3 之间。Pb 和 Cr 的污染程度较轻。

表 2 底泥中重金属单项污染指数

Tab. 2 Single pollution index of heavy metals in sediment

项目	重金属污染指数						
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
第 1 区	0.38 ± 0.07	1.52 ± 0.39	1.00 ± 0.67	0.86 ± 0.44	0.77 ± 0.31	—	0.68 ± 0.14
第 2 区	0.67 ± 0.11	2.13 ± 0.20	1.20 ± 0.50	2.02 ± 1.41	1.75 ± 0.31	2.09 ± 0.93	0.90 ± 0.12
第 3 区	1.00 ± 0.18	2.92 ± 1.64	0.60 ± 0.28	2.05 ± 0.43	1.99 ± 0.47	6.22 ± 1.98	1.21 ± 0.15
第 4 区	0.61 ± 0.20	2.06 ± 0.40	1.91 ± 1.02	1.38 ± 0.45	1.40 ± 0.37	—	1.00 ± 0.18
第 5 区	0.50 ± 0.06	1.57 ± 0.25	0.83 ± 0.14	0.65 ± 0.29	1.35 ± 0.66	2.98 ± 0.93	0.94 ± 0.25
第 6 区	0.49 ± 0.10	1.68 ± 0.38	0.74 ± 0.28	2.00 ± 0.93	1.41 ± 0.74	3.98 ± 0.23	1.01 ± 0.15

6 个区域底泥中重金属元素及重金属潜在生态风险指数统计结果如表 3 所示。

表 3 底泥中重金属潜在生态风险指数

Tab. 3 Potential ecological risk index of heavy metals in sediment

项 目	重金属生态风险系数							RI
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	
第 1 区	0.76	1.52	4.99	4.28	0.77	—	3.39	15.71
第 2 区	1.35	2.13	5.99	10.12	1.75	62.70	4.48	88.52
第 3 区	1.99	2.92	3.02	10.26	1.99	186.60	6.03	212.80
第 4 区	1.21	2.06	9.53	6.90	1.40	—	4.98	26.08
第 5 区	0.99	1.57	4.15	3.25	1.35	89.50	4.68	105.49
第 6 区	0.98	1.68	3.68	10.02	1.41	119.40	5.05	142.22

由表 3 可知,Cd 的生态危害最大,第 3 区 $E_{Cd} > 160$,潜在生态风险很强,第 5、6 区潜在生态风险强,第 2 区存在中度潜在生态风险。而其余 6 种重金属元素的潜在风险系数均小于 40,且几乎在 10 以下,存在轻度潜在生态风险。因此,Cd 对所在区域的潜在生态危害指数 RI 贡献最大,各区域 RI 排序如下:第 3 区 > 第 6 区 > 第 5 区 > 第 2 区 > 第 4 区 > 第 1 区,除第 3 区属于中度潜在生态风险外,其余区域均属于轻度潜在生态风险。

根据以上分析,底泥污染和生态风险程度最为严重区域主要集中在河流入库口附近(第 3、5、6 区),水库中心区污染和生态风险程度相对较轻,近岸区域污染和生态风险程度最弱。分析原因,入库河水携带的颗粒物吸附了重金属和有机物,大部分

在河水入库口附近沉积,造成该区域底泥淤积和重金属污染都最为严重^[5,6];其中一部分粒径较小的颗粒物随水流转向水库中心区,并缓慢沉降下来;粒径更小的颗粒物,则随水流漂移至水库中心区(深水区)才会沉降下来^[7]。

4.3 清淤措施

该水库库底淤积了大量淤泥,且成分复杂,底泥中的部分重金属含量严重超标。针对以上特点,根据因地制宜的原则,清淤宜采用水下作业法。此法可全年连续进行,不必抽干水体,节能降耗。水库在清淤期间需继续保持供水功能,建议清淤期间采取防止二次污染的措施,并对入库水进行预处理、雨污分流、污水截流,杜绝污染物进入水库。

5 结论与建议

① 该水库底泥重金属污染较严重。相比而言,Mn、Cd 污染最严重,Ni、Cu、Zn 污染较严重,Pb、Cr、Sb、Tl 污染较小。

② Cd 的生态危害最大,而 Cr、Mn、Ni、Cu、Zn、Pb 存在轻度潜在生态风险,并且 Cd 在第3区潜在风险很强。综合分析,6个区域中,除第3区存在中度潜在风险外,其余区域均存在轻度潜在生态风险。

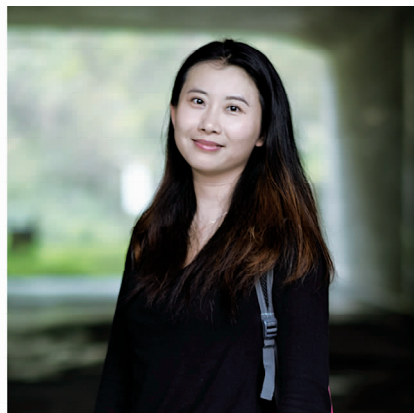
③ 底泥污染和潜在生态风险程度最严重区域主要集中在河流入库口附近,水库中心区污染和淤积程度相对较轻,近岸区域污染和淤积程度最小。

参考文献:

- [1] 滑丽萍,华珞,高娟,等. 中国湖泊底泥的重金属污染评价研究[J]. 土壤,2006,38(4):366-373.
- [2] 王越兴,尹魁浩,彭盛华,等. 深圳市河流底泥重金属的污染现状及生态风险评价[J]. 环境与健康杂志,

2011,28(10):918-919.

- [3] 赵庆令,李清彩,谢江坤,等. 应用富集系数法和地累积指数法研究济宁南部区域土壤重金属污染特征及生态风险评价[J]. 岩矿测试,2015,34(1):129-137.
- [4] 陈蓓蓓,张淑敏,朱建荣. 陈行水库底泥中重金属含量分析与评价[J]. 中国给水排水,2015,31(13):68-71.
- [5] 于珊珊,高正捷,杨月红,等. 水体底泥对重金属的吸附机理研究进展[J]. 环境工程,2015,33(S1):1018-1020.
- [6] 吴春笃,瞿俊,李明俊,等. 镇江内江底泥重金属分布特征及潜在生态危害评价[J]. 中国环境监测,2009,25(5):90-94.
- [7] 黄建枝,葛小鹏,王东升. 水动力条件下重金属在沉积物上的吸附及其形态分布与转化[J]. 环境工程学报,2013,7(6):2025-2032.



作者简介:周棉(1982-),女,广东汕头人,本科,工程师,主要从事水源保护管理工作。

E-mail:78652924@qq.com

收稿日期:2016-10-01

国家对水资源依法实行取水许可制度和有偿使用制度