

深圳河疏浚污染土淋溶水模拟试验^{*}

侯 玉¹⁾ 卓建民²⁾ 黄汉禹³⁾ 郑国权¹⁾

(1) 中山大学地理学系, 广州 510275; 2) 深圳市治理深圳河办公室;
3) 广东省水利电力勘测设计研究院)

摘 要 针对深圳河治理二期工程河道疏浚及污染土弃置的具体情况, 建立了淋溶水物理试验模型, 对河道疏浚及降雨情况下的淋溶水进行了模拟, 结果表明, 对深圳河治理二期工程疏浚污染土淋溶水不做处理, 将不会对深圳河水质造成严重影响.

关键词 河道疏浚, 淋溶水, 物理模型

分类号 X 522

深圳河是深圳与香港的界河, 北岸为深圳, 南岸为香港新界, 河口侧分别为米埔湿地及福田国家自然保护区. 原深圳河的防洪能力仅为 2 a 一遇, 一遇洪水袭击, 两岸往往造成重大经济损失. 80 年代初, 深港双方开始共同筹划治理深圳河. 按规划, 治理工程分 3 期进行, 治理后深圳河整体防洪能力将提高到抵御 50 a 一遇的洪水水平. 目前, 一期工程已经竣工, 二期工程即将开始, 三期工程仍在规划设计阶段. 据河道底泥监测结果^①: 二期工程范围内河道底泥受重金属污染较为严重, 按香港土壤污染标准, 取样点处大部分土样为 C 类污染土. 由于二期工程疏浚污染土将弃置于深圳落马州弃土场, 污染土淋溶水将最终回归深圳河. 如果淋溶水重金属含量较高, 它则将影响深圳河及河口的水质, 进一步可能影响到河口区的生境资源, 特别是对河口的鸟类、底栖动物等造成影响. 淋溶水的重金属污染程度, 淋溶水中重金属含量是否会超过深港双方选定的国家地面水 V 类水质标准, 淋溶水是否需要处理及如何处理, 均需要在河道疏浚前予以回答. 本文主要对二期工程中污染土的淋溶水水质问题进行试验研究.

1 二期工程概况

二期工程主要包括罗湖至落马州 (上河段) 以及落马州至河口 (下河段) 的河道拓宽及挖深, 其中上河段长约 2.8 km, 底泥多为沙质土; 下河段约 4 km, 底泥为粘土. 疏浚中, 利用抓斗式或绞吸式疏浚机挖掘淤泥, 淤泥经输泥管或泥舶输送至落马州弃土场弃置. 图 1 为二期工程概况图.

疏浚污泥中污染土与水份完全混合, 污染土约占污泥总量的 1/5~ 1/4. 在落马州弃置

^{*} 收稿日期: 1997-06-11 侯玉, 男, 31 岁, 讲师

① 华南环境科学研究所, 深港治理深圳河二期工程河道泥取样及监测分析报告, 1995

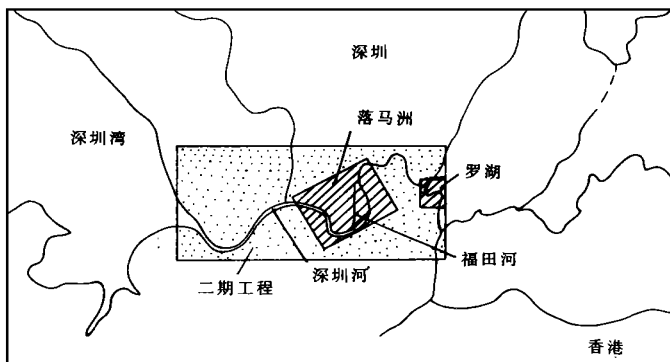


图 1 深圳河治理二期工程概况图

Fig. 1 Survey of Shenzhen River regulation projects

场, 污染土按 $80\text{ m} \times 60\text{ m}$ 的格子状弃置, 弃置厚度约为 $0.6\sim 1.0\text{ m}$, 污染土下铺设排水垫层, 排水垫层为粗砂层 (厚 0.15 m) 和碎石层 (厚 0.20 m), 格子之间以低土埂分隔. 落马洲处高程较低, 下层土壤经常处于饱和状态. 污泥弃置后, 水份主要为垂直向下的运动, 经粗沙、碎石层过滤后, 淋溶水形成侧向流沿落马洲原坡面向福田河汇集, 而淋溶水向地层下的渗漏量较少, 可以忽略不计. 其中福田河两侧填土区到福田河设置 5 个淋溶水排水口, 福田河又分隔为 3 个池, 最后淋溶水经泵站排入深圳河.

据统计^②, 二期工程疏浚污染土方量约为 102 万 m^3 , 污染土疏浚期间淋溶水日最大流量约为 $0.09\sim 0.12\text{ m}^3/\text{s}$, 淋溶水日平均流量约为 $0.06\sim 0.08\text{ m}^3/\text{s}$.

2 物理模型的建立

2.1 模型建立的原则

针对可能导致淋溶水中重金属含量最严重的情况, 并保证模型中重金属释放条件与实际的重金属释放条件基本一致. 具体的项目要求为:

(1) 取样. 模型试验土样在二期工程范围内上下河段重金属含量最高处取得.

(2) 污染土弃置. 污染土按格子状分块弃置, 考虑污染土弃置场离福田河最近, 淋溶水汇集距离最短的情况.

(3) 模型中污泥的加入. 考虑到疏浚污泥经传输管道输送至落马洲污染土弃土场过程中, 污泥中污染土与水份完全混合. 故试验污泥经充分搅拌后加入到模型容器中.

(4) 模型中垫层的设置. 模型中砂层与碎石层的厚度、粒径与实际情况相同.

2.2 模型结构

根据模型建立的原则, 建立了淋溶水物理试验模型, 其结构见图 2

模型中碎石层和粗砂层的厚度、粒径与实际情况一致, 厚度分别为 $0.2, 0.15\text{ m}$, 粒径分别为 $2\sim 5\text{ mm}$ 和 $5\sim 35\text{ mm}$. 扣除砾石层和粗砂层的厚度, 剩余 0.65 m 高度供装污泥用. 按弃置场设计, 淤泥弃置厚度为 $0.6\sim 1.0\text{ m}$, 受试验条件和泥样量的限制, 试验污泥层厚度为实际弃置场污泥弃置厚度的下限值, 基本代表了实际情况.

② 广东省水利电力勘测设计研究院. 深港治理深圳河二期工程设计终稿, 1996

3 试验内容

包括上下河段污泥在不同含水比例时疏浚情况和降雨情况下的试验. 土水比 (即干泥量与含水量的重量比) 取 1/3和 1/4 2种情况; 干泥量统一取 5 kg; 考虑大雨情况, 降雨量取 100 mm. 分 6组试验. 其中, 降雨情况下的试验是在疏浚污染土中自由水溢完, 并处于饱和状况下进行的. 作者认为, 当自由水溢完前, 尚有可流动的自由水时, 土壤表层积有水分, 雨水降落到疏浚污染土时, 稀释了剩余的水分, 则重金属不易释放出来; 而当污染土较干时降雨, 一部分雨水将转化成土壤张力水, 也不利于淋溶水及重金属的释放, 而在污染土接近饱和时降水, 则代表了较恶劣的情况.

4 结果及分析

试验结果 (表 1) 表明, 在疏浚及降雨情况下, 淋溶水中重金属含量均在地面水 V 类水质标准的限值以内; 表明深圳河水质受二期工程弃置污染土淋溶水中重金属的影响较小, 淋溶水不会对深圳河水质造成重金属污染; 也表明深圳河底泥对重金属具有高亲和性, 污泥弃置场下垫粗砂层和砾石层对悬浮物和重金属的过滤作用较强.

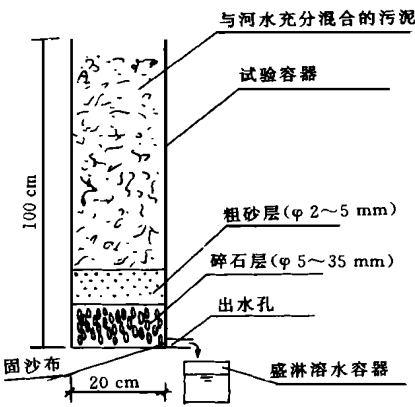


图 2 模型结构示意图
Fig. 2 The experimental model for the leachate from Shenzhen River

表 1 淋溶水物理模型试验结果

Tab. 1 The contents of heavy metals in the leachate mg° L⁻¹

样 品	SS	Cu	Zn	Ni	Cd	Pb
上河段河水	152	0. 030	0. 072	0. 013	0. 000 200	0. 003 2
上河段, 土水比 1/3	16	0. 015	0. 074	0. 026	0. 000 016	0. 008 5
上河段, 土水比 1/4	28	0. 012	0. 041	0. 023	0. 000 090	0. 001 8
上河段, 降雨	29	0. 005	0. 085	0. 027	0. 000 050	0. 002 6
下河段河水	238	0. 003	0. 039	0. 020	0. 000 400	0. 000 9
上河段, 土水比 1/3	49	0. 031	0. 180	0. 092	0. 002 770	0. 002 2
上河段, 土水比 1/4	24	0. 013	0. 059	0. 010	0. 000 240	0. 000 9
上河段, 降雨	34	0. 008	0. 104	0. 014	0. 000 130	0. 005 4

众多研究已证明底泥中的有机质与粘土矿物颗粒对大多数重金属具有很高的亲和能力^[1-3]. 早在 1975年, Gupta等^[2]证实被硫化物和有机质吸附络合的重金属在厌氧条件下占河流底质的绝大部分. Rule等^[4]认为, 将可溶态 Cd化合物加入到厌氧的河湾沉积物中, 14 d内 92% 的 Cd转化为硫化物及有机络合态而被固定. Nanger的研究表明河底底质粘土可以将几乎全部重金属吸附固定下来^[6]. 1994年, 对深圳河河底泥进行的重金属释放实验

也表明深圳河底泥对重金属具有高亲和性^③。分析表 1 的试验结果, 还可以发现:

(1) 细颗粒泥沙对重金属污染物有更高的亲和属, 但细颗粒又不易沉淀并被过滤, 表现出有时上河段淋溶水中重金属含量较高, 有时下河段淋溶水中重金属含量高, 没有一定的规律性。

(2) 疏浚时污染土含水量越低, 淋溶水中重金属含量越高。疏浚污染土淋溶水中的含水量与重金属含量成相反的关系。

(3) 降雨情况下淋溶水的重金属含量, 较疏浚时淋溶水的重金属含量低。

5 结 语

(1) 淋溶水模型试验系统考虑了污染土疏浚弃置全过程, 模型中淋溶水溶出与重金属释放条件同实际情况一致, 而且, 模型试验针对重金属溶出较严重的情况。试验结果可作为深圳河治理二期工程疏浚污染土淋溶水处理的基础依据。

(2) 深圳河底泥对重金属有较高的亲和性, 在河道疏浚和降雨 2 种情况下淋溶水中重金属含量均较低, 且不超过地面水 V 类水质标准, 淋溶水不做处理不会对深圳河水质造成新的重金属污染。

参 考 文 献

- 1 Eganhouse D R, Lund L J, Page A L, et al. Solid phase forms of heavy metals in sludge-treated soils. *Journal of Environ Quality*, 1982, 11: 178~ 181
- 2 Gupta S K, Chen K Y. Partitioning of trace metals in selective chemical fractions of nearshore sediments. *Environ Letters*, 1975, 10: 129~ 158
- 3 Belzile N, Lecomte P, Tessier A. Testing reabsorption of trace elements during partial chemical extraction of bottom sediments. *Environmental Soil and Technology*, 1989, 23: 1015~ 1020
- 4 Rule J H, Alden R W. Partitioning of Cd in geochemical fractions of anaerobic estuarine sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Soil*, 1992, 34: 487~ 499
- 5 Shuman L M. Effect of liming on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc among soil fractions. *Soil Sci*, 1986, 50: 1236~ 1240
- 6 环境中重金属研究文集编辑小组编. 环境中重金属研究文集. 北京: 科学出版社, 1988

The Experimental Study on the Leachate from Shenzhen River Regulation

Hou Yu^{*} Zhou Jianmin Huang Hanyu Zheng Guoquan

Abstract Based on the actual states of soil and water as by-product of the Shenzhen River regulation project, the experiments on the leachate were carried out with different regulation periods and raining periods. The results show that the leachate without treatment will not pollute the water of Shengzhen River.

Keywords river regulation, leachate, physical model

③ 北京大学. 深港治理深圳河工程环境影响评价报告, 1995

^{*} Department of Geography, Zhongshan University, Guangzhou 510275