

深圳河河道污染土特性及其处理措施*

黄汉禹

(广东省水利电力勘测设计研究院, 广州 510170)

摘 要: 深圳河河道表层的淤泥基本属污染土, 在河道疏浚之前首先要弄清楚污染土的分布、特性、数量及其污染程度, 然后拟定弃置方案和提出污染土的处理措施, 文中所设计的处理措施已在施工实践中应用, 效果达到预期目的, 可为以后类似工程的设计提供参考。

关键词: 污染土特性; 分布规律; 处理措施

中图分类号: X14 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) S2-0005-05

深圳河是香港特别行政区与深圳市的界河, 它发源于深圳市东北部的梧桐山牛尾岭, 向西南流经罗湖、皇岗口岸, 注入深圳湾。

该河道弯曲狭窄, 河床平缓, 河床平均比降 0.11%, 集雨面积 312.5 km²。其主流为沙湾河, 在三岔河口与莲塘河汇合后称深圳河。从深圳河河口至三岔河口段干流均为感潮河段, 受海潮顶托, 水流滞缓不畅, 况且原河宽只有 15~80 m, 过水能力较低, 导致汛期洪水泛滥成灾。为减少该地区洪涝灾害和改善深圳河水质, 深港双方政府对治理深圳河取得共识, 共同出资治理这条边界河流, 对繁荣两地文化、经济将起积极作用。

深圳河治理工程分三期进行: 其中一期工程已于 1997 年 5 月完工; 二期工程(扩宽、挖深落马洲河曲下游至河口和料河曲至落马洲河曲之间河段)正在施工; 三期工程(上游河段的扩宽、挖深)也将很快实施。

五六十年代, 深圳河水质是良好的, 河道淤积物也不多, 随着改革开放, 深圳市从原来的小城镇发展到现在的大型城市, 大量的污染物未经处理排入深圳河, 不但致使深圳河水质严重恶化, 而且河道淤积了一层较厚的淤泥——污染土, 本文正是就二期工程河道污染土的分布、特性以及污染土的弃置处理提出措施方案, 而且这些措施已在实际施工中得到应用, 并收到较好的效果。

1 二期工程河道污染土分布及特性

为弄清二期工程的 2 个河段污染土的分布情况和污染程度, 于 1996 年 7 月结合工程的地质

钻孔在河中心线每隔 200 m 取土样进行监测。

1.1 采样布点、深度

根据香港《工程部技术通知 NO22/92 疏浚弃土的人海处理》中“疏浚土的取样和试验指南”规定要求, 结合地质钻孔在河中心每隔 200 m 取一个柱芯样, 每个柱芯样各取 4 组土样, 取样深度和样品厚度见图 1。

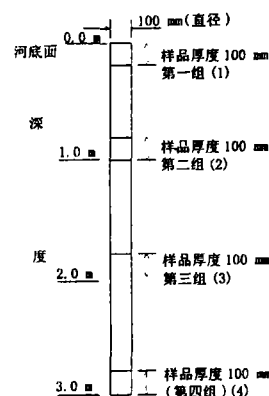


图 1 钻孔取样示意图

1.2 监测项目与方法

监测项目主要是重金属项目, 见表 1。

1.3 评价标准

评价标准采用香港“污染土的分类标准”见表 2。

1.4 监测结果分析

在二期工程河道所设的 36 个取样点中取土样 142 个, 这些土样按分析项目要求进行室内的监测, 结果见图 2。

* 收稿日期: 2001-07-30; 作者简介: 黄汉禹 (1962-), 男, 工程师。

表 1 河道污染土的监测项目

项 目	分析方法	项 目	分析方法
pH	电极法	Cu	火焰原子吸收法
有机质	重铬酸钾容量法	Pb	火焰原子吸收法
Hg	冷原子吸收法	Cr	火焰原子吸收法
Cd	石墨炉原子吸收法	Zn	火焰原子吸收法
Ni	火焰原子吸收法		

表 2 香港疏浚污泥重金属污染程度分类

类别	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
A	0.0~0.9	0~49	0~54	0.0~0.7	0~34	0~64	0~140
B	1.0~1.4	50~79	55~64	0.8~0.9	35~39	65~74	150~190
C	>1.5	>80	>65	>1.0	>40	>75	>200

A 类: 未受污染, 不需要采取特殊疏浚, 转运和弃置措施; B 类: 中等污染, 疏浚和转运中需特别注意, 在弃置时应习题减少污染物通过溶出和再悬浮释放; C 类: 严重污染, 疏浚和转运中须高度注意, 不允许在公布的海上倾倒弃置, 弃置时必须与周围环境有效隔离。

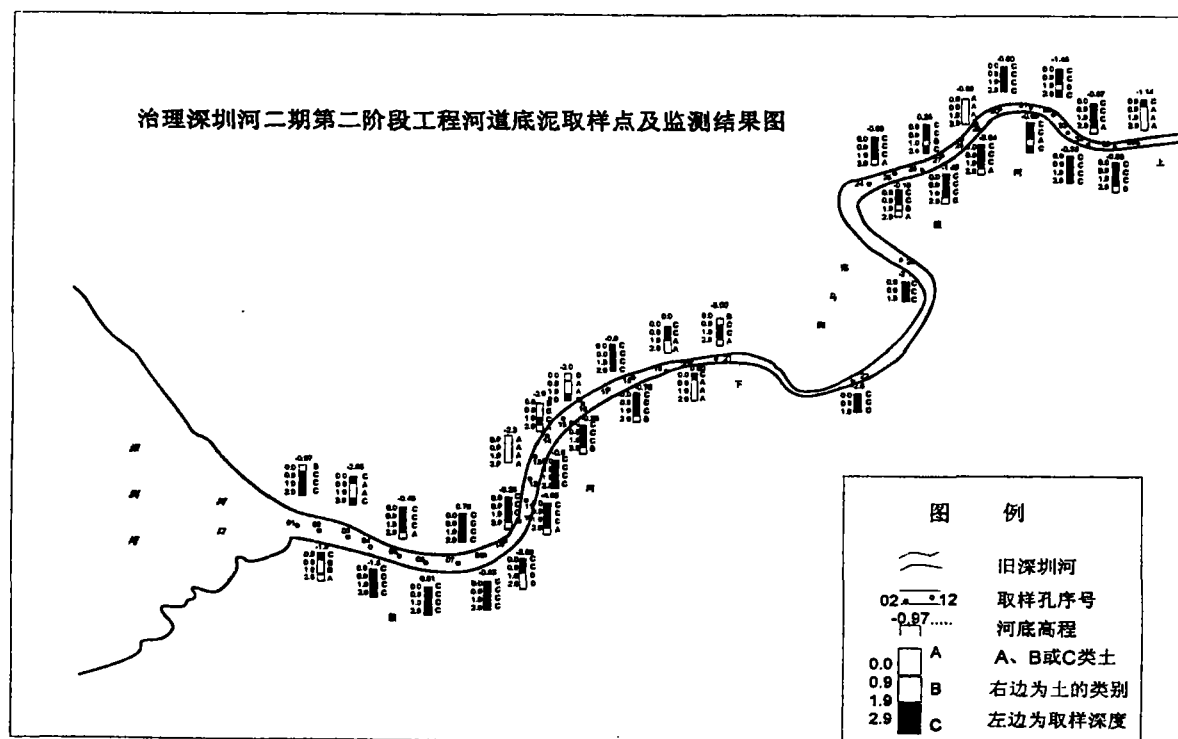


图 2 治理深圳河二期第二阶段工程河道底泥取样点及监测结果图

结果分析:

按污染土的分类标准划分, 监测的 7 项重金属的单项最高监测值为该土样的分类值。

(1) 只有两个取样点从 0~3.0 m 全部为 A 类;

(2) 全河段分析, 污染土平均深度为 2.0 m;

(3) 有 13 个取样点 0~3.0m 全部为 C 类;

(4) 受重金属污染的程度按项目排列为: Ni

> Zn > Pb > Cr > Cu > Cd > Hg, 即 Cd、Hg 基本属 A 类 (非污染), Cr、Cu 基本是 A、B 类 (非污染), Pb、Zn、Ni 基本是 A、B、C 类, 大部分为 C 类 (污染土);

(5) 整个二期工程河道污染土量为: 99.8 万 m³。

2 污染土的弃置处理

深圳河疏浚的污染土怎样弃置，将是个较为复杂的问题，既要注意疏浚过程对环境的二次污染，又要考虑其永久的潜在影响。所以提出以下几个弃置方案：

(1) 用传统的污泥弃置法，由于污染土量多，需要占用大面积的土地，陆上运输对环境的影响难以避免，则较难实现。

(2) 入海弃置，据调查要到香港南面较远的海域才有允许弃置污染土的场所（容量已近饱和），况且距离较远，费用较大。

(3) 利用落马洲一期截弯取直后中间的小岛来作弃置场，据计算该处面积约 84 hm²，完全足够填置二期工程河道的疏浚污染土，该区位于二期河段的中间，污染土弃置极为方便。

经充分调查论证，最后采用了落马洲弃置场方案。但应对污染土提出处理方案，以免给深圳河带来潜在的影响。

2.1 污染土处理措施

疏浚污染土的含水量较高，而且挟带着大量的河水，所以疏浚、弃置过程考虑了以下措施：① 污染土的开挖及运输；② 污染土填土区下垫面的防渗措施；③ 污染土的脱水、固结措施；④ 污染土淋溶水处理；⑤ 污染土上面非污染土覆盖层；⑥ 覆盖层上面的水土保持措施。

2.1.1 污染土的开挖及运输

在河道疏浚开工之前要求承包商于河中心线每隔 50 m 取土样监测分析（要求和标准与 1996 年 7 月取样相同），以进一步确定污染土的分布及数量。要求严格按污染土的分布深度开挖，疏浚方法采用绞吸式挖泥船，管道运输，当管线较

长时加设接力泵。采用抓斗式挖泥船及泥驳转运都会存在污染河道水质的更大可能性。

2.1.2 污染土填土区下垫面的防渗措施

据北京大学《治理深圳河环境评价报告》研究认为：落马洲弃土场不仅下伏物质渗透率低，而且众多研究均表明其中的有机质与粘土矿物颗粒对多数重金属具有高的亲和能力，因此不必考虑采取防渗措施。

2.1.3 污染土的脱水、固结措施

如果污染土不进行处理而直接弃置于弃土场，其淋溶水的重金属含量仍较高，排入深圳河将影响其水质。这是不允许的。所以必须采取措施，使其淋溶水的重金属含量低于 GB3838 - 88 V 类标准（由于香港没有淋溶水的排放标准，所以采用国家现行的地面水标准）。

(1) 污染土脱水层拟定了两种方案。

① 方案上层为粗砂层 0.15 m 厚，下层为碎石层 0.2 m 厚，再下层为人工排水层（采用 $\phi 15\text{cm}$ 的不上釉陶土管）按每隔 2.0 m 纵横布置，排水管主要是接纳下渗污水（淋溶水）。

② 方案上层为粗砂层 0.15 m 厚，下层为碎石层 0.2 m 厚，再下层设碎石排水盲沟（见图 3）。

方案①的排水层为陶土管，其接水孔容易堵塞，且用量很大，不一定能收到预期效果；方案②比较简单，并经试验认为是可取的。

(2) 污染土淋溶水模型试验。

为了验证污染土脱水处理措施是否可行，于 1996 年 11 月我们同中山大学地理系共同进行了“污染土淋溶水模型试验”工作，试验模型基本按污染土脱水处理的②方案进行。试验中淋溶水的水质监测结果见表 3。

表 3 淋溶水模型试验水质监测结果

样品	mg/L						
	总汞	SS	Cu	Zn	Ni	Cd	Pb
上 0	<0.00005	152	0.030	0.72	0.013	0.000200	0.0032
上 1/3	<0.00005	16	0.015	0.074	0.026	0.000016	0.0085
上 1/3 雨	<0.00005	29	0.005	0.085	0.027	0.000050	0.0026
上 1/4	<0.00005	28	0.012	0.041	0.023	0.000090	0.0018
下 0	<0.00005	238	0.003	0.039	0.020	0.000400	0.0009
下 1/3	<0.00005	49	0.031	0.180	0.092	0.002770	0.0022
下 1/3 雨	<0.00005	34	0.008	0.104	0.014	0.000130	0.0054
下 1/4	<0.00005	24	0.013	0.059	0.010	0.000240	0.0009

注：上表示上河段；下表示下河段；0 表示河水底样；1/3、1/4 分别表示污染土与河水比例（即干泥与含河水量的比例）；雨表示降雨情况下的试验，即当含水量比例为 1/3 时，污染土脱水至饱和状态，降 100 mm 雨时的淋溶水试验。

结果分析:

评价标准见表4.

表4 评价标准

项目	总铜	总锌	总汞	总镉	铬	总铅	SS*
GB3838-88 V类	≤1.0	≤2.0	≤0.001	≤0.01	≤0.1	≤0.1	<150

注: GB38-88 没有 SS 标准, 环评报告均采用 SS = 150 mg/L.

对比表3和表4可见, 深圳河河水及污染土的淋溶水中重金属污染物含量均在V类水的限值以下, 表明深圳河水质受重金属污染较轻. 淋溶水中铜、铅等重金属的浓度与原河水相接近, 有时更低, 说明污染土中的重金属经脱水层已被截留下来, 也即说污染土淋溶水无需进行处理排入深圳河, 不会对河道水质产生重金属污染, 从而也说明污染土的脱水措施是可行的. 脱水层平面及剖面见图3.

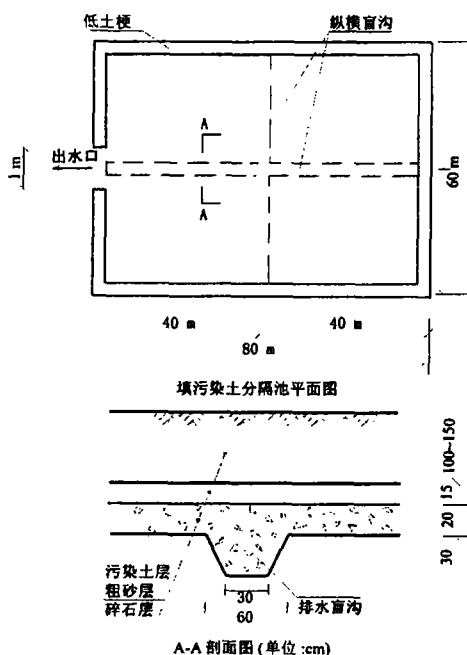


图3 脱水层平面及剖面图

(3) 污染土固结.

污染土弃置后只有靠自然固结, 但由于污染土量大, 而且污染土层太厚会影响脱水, 故采用分区分层填置污染土. 分区即是把填土场分隔成60m×80m的分隔池(见图3), 脱水层上面填污染土层每层厚度为1.0~1.5m为宜. 在第一层污染土固结使含水率达50%~60%后方可填第二层污染土.

(4) 淋溶水的应争处理.

尽管污染土淋溶水模型试验结果表明, 污染土的淋溶水无需处理, 但考虑到施工过程的各种可能因素的影响, 如碎石、粗砂层遭破坏等原因导致淋溶水中重金属含量较高(超过GB3838-88的V类), 则应采取预防和应急处理措施.

污染土在弃置期间要加强淋溶水监察工作, 应按《环境监察审核手册》要求进行. 一旦发现淋溶水水质排入深圳河之前超标, 应立即采取应急处理措施.

应急措施: 污染土脱水过程转入淋溶水中的重金属含量主要受水的pH值和水中悬浮物(含重金属)浓度大小的影响, 则可采取:

方案一: 如果超标量不多, 可调整pH=9~10时形成氢氧化物沉淀脱除;

方案二: 如果超标量较大, 可在调整pH值加药混凝沉淀达到澄清废水并脱除重金属的目的.

工艺流程:

淋溶水→混凝反应池→沉淀池→排放

↑ ↑
碱液 混凝剂
(NaOH) (FeCl₃·6H₂O)

超标淋溶水经水渠流入处理站, 再往混凝反应池内与投加的碱液(或石灰乳)和铁系混凝剂进行混凝反应, 然后淋溶水进入沉淀池沉淀, 出水达标排入深圳河.

碱液及混凝剂的选用和投加量:

① 碱液用NaOH(一般工业用的NaOH均可采用); ② 混凝剂采用FeCl₃·6H₂O(一般工业用的均可采用); ③ NaOH和FeCl₃·6H₂O的投加量均按每吨需处理的淋溶水投加12g计算. ④ 需建进水闸门、混凝反应池(槽)、药剂池、沉淀池以及药剂库房等建筑物.

淋溶水处理池的沉淀物应及时捞起弃置于专门设置的填土池埋填.

(5) 覆盖层和水土保持措施.

据《治理深圳河环境影响评价报告》研究认为污染土层上部应填覆盖层(约1.0为宜), 可

以采用河道疏浚的非污染土填置。

为防止弃土场的水土流失，于覆盖层上面种植草皮带，并在整个弃土场设纵横向排水沟，草皮带平面见图4。

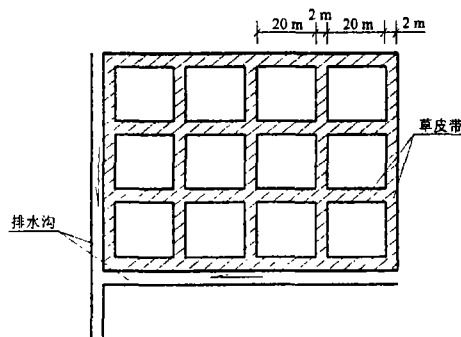


图4 水土保持平面布置图

3 结论

二期工程河道疏浚污染土弃置已进行近半年，承包商已严格按以上措施进行污染土的弃置处理（脱水过滤、固结），其效果与模型试验结果基本一致，到目前为止污染土的淋溶水经监测未发现重金属超标，说明脱水处理层在技术上是可行的，也是切合实际的。

深圳河是香港和深圳的界河，其座落于香港的米埔野生动物自然保护区和深圳福田自然保护

区之间，其环境保护及措施有特别严格的要求，特别是大量的疏浚污染土的弃置如处理不当不但会产生二次污染，而且影响该地区内野生动物的生存环境。深、港双方政府十分重视深圳河治理的环保工作，所有的环境保护措施都必须经治理深圳河环境领导小组和香港环保署及香港（世界）自然基金会审查批准后方可实施。故在工程建设过程中环境保护显得特别重要（香港有整套法律、法规制约），虽然处理措施是件花钱的事情（例如污染土的处理就二期工程来说就需要粗砂约12万 m^3 ，碎石约16万 m^3 ）但收到的效果却是显著的，既为野生动物保持其生存的条件，又为人类创造赖以生存的良好生态环境。

如果不采取处理措施，待到环境污染后再来治理，将要花成倍甚至更多的费用，所以建设项目环保“三同时”制度要严格遵守执行。

参考文献：

- [1] 省水电勘测设计研究院,安建顾问公司.治理深圳河第二期第二阶段工程设计复查报告终稿,1996.
- [2] 北京大学等.治理深圳河环境影响评价报告,1995.
- [3] 中山大学地理系,省水电勘测设计研究院.治理深圳河污染土淋溶水模型试验报告,1997.