

13

## 市政淤泥脱水固化技术研究

68-51

同济大学环境科学与工程学院  
何晶晶 邵立明 顾国维上海杨浦区河道管理所  
卞成林 许臣

x7031

**摘要:** 市政淤泥因含各种污染物和易堵塞市政排水管网而对城市的环保与排水质量造成危害, 寻求经济合理和环境安全的淤泥利用与处置途径是本研究的目的。通过对淤泥的组成与产生特性的分析, 认为淤泥的现场脱水固化是其合理利用与处置的关键。研制的移动式脱水机组可使淤泥浆达到80%以上的减量化, 泥饼含水率 $\leq 30\%$ , 土工特性满足作绿地基土(农用)、制建材与填埋处理的要求, 且与现行消纳成本相比有经济上的优势。是一项环境与经济效益相统一的废弃物处理与利用技术。

**关键词:** 市政废弃物 建筑泥浆 通沟泥浆 河道淤泥 脱水 固化 处置 利用

## A Study on Dewater and Solidification of Municipal Sludge

He Pinjing, Shao Liming, Gu Guowei, Bian Chenglin &amp; Xu Chen

**Abstract:** Municipal sludge is hazardous to city environment as it contains various pollutants and is easy to block the sewer system. This study is to find economic and rational ways to utilize and dispose of sludge without causing environmental problems. Based on analysis of the characteristics of sludge composition and formation, it is believed that the key point is to dewater and solidify sludge on the spot. The mobile dewater machine can reduce the volume of sludge by 80% or more, and the dewatered cake has a water content  $\leq 30\%$ , geotechnically meeting the requirements for green land base soil, construction material and filling disposal. With economic advantages, this technique has both environmental and economic benefits.

**Key words:** municipal waste; construction slurry; sewer sludge; river muck; dewater; solidification; disposal; utilization

## 1 引言

市政淤泥指的是城市建设与公共设施养护过程中产生的泥浆态废弃物, 如: 建筑钻(井)作业中产生的泥浆, 市政雨水管道清理中产生的通沟污泥等。此类废物直接进入城市排水管系与河道, 将因固相颗粒的沉积而严重影响城市的排水功能, 并因其中污染物的释放而危害城市环境。通常的外运堆放, 则既造成土地资源的浪费亦影响周围环境的质质量。

市政淤泥的合理处理同样应遵循废弃物处理的共同原则, 首先应是减量以减少处置占地与提高运输经济性; 其次是资源利用以获得可能的处理回报; 最后是无害以控制其对环境的潜在损害。

市政淤泥包含多个种类, 即使同一种类, 产生地的不同性状也有很大的差异, 因此, 寻求市政淤泥的合理处理技术应从分析其特性入手。

## 2 市政淤泥的特性与处理利用的关键

## 2.1 市政淤泥的特性

## 2.1.1 组成特性

表1是三个种类的市政淤泥组成小结, 从表中数据看, 市政淤泥的固体组成, 以无机为主, 即使有机物亦以各种来源的碎屑为多, 因此所含水份以机械水份为主, 在测定含水率的状态下, 三种淤泥均具有一定的流动性。这与污水厂污泥的颗粒组成以有机为主, 水分分布以生物细胞持水为主, 在含水率达80%时即完全失去流动性是完全不同的。

## 2.1.2 污染特性

市政淤泥中, 建筑泥浆除非施工处位于土壤重污染区域(如重污染厂矿原址等), 一般其固体重金属含量应与本底值相近。但表1的数据表明河道淤泥和通沟淤泥的重金属含量分布较大。与表2的值比较, 河道淤泥重金属含量低者接近于本底值, 而高者大大超过农用限制值,

表1 市政淤泥组成特性(mg/kg)

淤泥种类	含水率 <sup>a)</sup> %	有机质 <sup>b)</sup> %	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	As	比重 <sup>c)</sup> kg/m <sup>3</sup>
河道淤泥(1)	~55	3~25	0.1~2.4	0.3~2.5	11~220	63~1700	33~6000	10~320	1500
建筑泥浆(1)	~72	3~5	—	—	—	—	—	—	1100
通沟污泥(2)	~49	16~41	—	5~18	49~280	6~120	100~740	—	1600

a)对应的取样状态:河道淤泥/水下挖掘;建筑泥浆/工地贮泥池;通沟污泥/转动码头。 b)以650℃,1h,燃烧减量计。 c)湿状态比重。

表2 污泥农用限制值与上海市土壤本底值(mg/kg)

数据来源	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	As
国家污泥农用污染物限制值 <sup>a)</sup> (GB4284-84)	5~15	5~20	300~1000	600~1000	250~500	75~75
上海市土壤背景值 <sup>b)</sup>	0.152	0.148	19.85	68.81	23.85	9.07

a)M~N: M, pH<6.5土壤适用; N, pH≥6.5土壤适用。

这是河道水质污染情况的差异在淤泥中的反映。通沟污泥由于管道中混有污水,其重金属含量一般高于本底值,但基本在农用限制值以下(pH≥6.5的土壤)。

### 2.1.3 产生特性

市政淤泥的产生特点主要是空间上的移动性和时间上的间歇性,前者是由于市政淤泥的产生点随施工场所而存在不断的迁移;后者则是施工的周期性在淤泥产生上的表现。

## 2.2 市政淤泥的处置与利用要求

### 2.2.1 处置要求

市政淤泥处置的前提是消灭无序排放,以保护城市的基础设施(市政排水管网、城市河道)的正常功能不受影响。而集中后的淤泥处置则应达到:

- (1)合理地控制其二次污染的产生;
- (2)进行有效的处理和利用,控制处置成本。

### 2.2.2 利用潜力

市政淤泥从本质上讲较接近于泥土(可从表1的比重数据上观察),因此其利用方向主要是作替代土源作用,同时从运输经济性上考虑应尽量在市内利用,同时利用的方向应能控制潜在的二次污染。

## 2.3 市政淤泥的合理利用方案与实现关键

### 2.3.1 合理的利用方案

城市建成区的用土需求,主要是:(1)工程回填土,(2)绿化基土,(3)土基建材原料。这些

用土方向对土源的最低限度要求小结于表3。将表3与表1的数据相对照,可发现大部分的市政淤泥可找到利用的方向。判别适宜方向的过程由农用限制值对照开始,不超地这限制值且有机质含量低的可作回填土,有机质含量高的可作绿化基土;超过农用限制标准,但有机质含量低的可作建材原料。经此筛选后必须在市外作处置(填埋)的淤泥量就相当少了。

表3 城市用土的基本要求

用途	含水率(%)	有机质(%)	内聚力(kPa <sup>-1</sup> )	污染物含量
回填土	30	5	>10	低于农用限制值
绿化基土	30	—	>8	低于农用限制值
建材原料 <sup>a)</sup>	25	20	>10	低于农用限制值

a)根据产品类型进行调和调质

以我们对闵行、杨浦两区(上海市)部分建筑泥浆,杨浦区7条河道的淤泥和全市9个码头的通沟污泥的调查,建筑泥浆均可作回填土;60%的河道淤泥宜作回填或绿化土,余者基本可作建材原料;通沟污泥则基本可作绿化土。实现上述利用既有土源替代的效益,更重要的是节省运输成本(上海市约70km),避免土地浪费和限制二次污染扩散。

### 2.3.2 实现的关键

以上适用性分析中,忽略了产生态的淤泥与利用要求存在含水率与结构稳定性(以内聚力指标描述)上的差异,而这正是实现利用的关

键。市政淤泥以无机颗粒为主,其流变特性是含水率与剪切强度(土力学稳定性:指标内聚力)呈反比,通过机械脱水可使淤泥的含水率与结构稳定性(固化程度)同时达到利用的要求。另一方面,对于需处理的淤泥(土量不平衡或特性不适宜者)脱水固化同样是保障其处置操作(卫生填埋)的必须前处理环节。脱水的减量化效果则是节约淤泥运输费用的关键。因此淤泥的脱水固化成为淤泥利用、处置与运输的关键。

### 3 市政淤泥的离心脱水特性

#### 3.1 脱水工艺的选择

目前实用的淤泥机械脱水工艺大致有:离心沉降、带式压滤与板框压滤等选择离心脱水工艺,首先在于相同的处理流量下,离心机械的体积远小于压滤机械,便于实现设备的可移动化,适应于市政淤泥的产生模式;其次,市政淤泥颗粒与水的比重差大,适宜离心脱水的超重力沉降分离脱水原理。

#### 3.2 离心脱水可行性分析

##### 3.2.1 重力沉降试验

重力沉降与离心沉降,尽管分离因素有极大的差异,但过程有一定的相似性,可作为判断淤泥浆离心脱水可行性的初步判据,判别试验样品为多条河道的绞吸泥浆,各码头的通沟污泥和灌注桩的施工泥浆,设备为沉降柱,试验起始的样品含水率统一为75%~80%。结果:24h沉降后,河道淤泥与通沟污泥的液固界面沉降率为75%~95%,沉降特性相近;建筑泥浆的沉降率为24%~46%,原因是其颗粒更细,悬浮稳定性较大。由此选择河道淤泥与建筑泥浆作进一步的离心沉降特性试验。

##### 3.2.2 模拟离心沉降试验

设备为间歇操作的立式离心沉降机(LXJ-II),转杯外缘直径360mm操作转速3000r/m,5min;样品条件同上,结果:河道淤泥的泥饼含水率45.9%~52.3%;建筑泥浆46.3%~49.2%。由此表明各种市政淤泥均有较好的可离心脱水性,在采用工业离心设备(分离因素更大)时可望取得理想的脱水固化效果。

### 4 脱水机组发展与运行评价

#### 4.1 移动式淤泥脱水机组

根据前述实验结果发展的移动式淤泥脱水机组其操作流程如图1,整个机组集成于三辆2.5m×3.5m的拖车上,另可配120kW柴油发电机作电源(有电网电源时可不用)。机组的主要参数见表4。

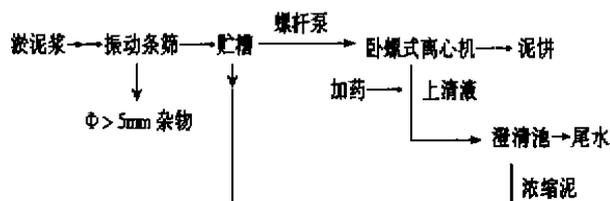


图1 淤泥脱水机组流程示意

表4 脱水机组的主要参数

处理量 (m <sup>3</sup> /h)	转鼓尺寸 (mm)	转鼓转速 (r/m)	主电机功率 (kW)	总装机功率 (kW)
≥15	Φ450×1350	≥3000	37	60

#### 4.2 生产性试验结果

生产性试验以绞吸疏浚河道淤泥浆和灌注桩施工泥浆为处理对象,处理数据见表5;泥饼土工试验结果见表6。二表数据表明:脱水后的泥饼就含水率与土工稳定性而言,已达到城市用土替代的要求。

#### 4.3 机组特性评价

##### 4.3.1 环境与资源效益

就上海市而言,市政淤泥的市内排放已基本禁止,但外运过程中和外运后的消纳仍不规范,无控制二次污染的措施,有造成环境质量损失的可能(占地、沿途进入河道、堆放时污染物扩散等)。淤泥脱水固化后,可根据组份与污染特性进行市内利用或作卫生填埋,可避免这些环境损失,并有土源替代保护表土资源的效益,且脱水操作中尾水作为唯一排放物达到了城市河道与下水道的排放要求,无二次污染的产生,因此机组的应用有显著的环境与资源效益。

##### 4.3.2 经济效益

本机组的小时操作成本小结于表7。按固体通量2400kg/h计,处理含水率85%和75%的

表 5 脱水机组生产性试验结果

泥浆名	泥浆流量 (m <sup>3</sup> /h)	泥浆含固率 (%)	尾水含固率 (mg/L)	固体回收率(%)		泥饼含固率 (%)	干固体通量 (kg/h)
				离心机	机组		
河道淤泥	12~15	5.5~25.2	121~138	~89	>99	70.5~75.9	~2400
建筑泥浆	~10	17.5~31.4	137~164	~89	>99	73.1~74.6	~2200

表 6 泥饼土工特性试验结果

泥饼	干比重	湿密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 <sup>a)</sup> (%)	塑性指数	液性指数	内聚力 (kPa <sup>-1</sup> )	内摩擦角 (°)	压缩模量 (MPa)	垂直渗透系数 (cm/s)
河道泥饼	2.71	1.81	31.7	8.5	0.95	11.1	29.9	5.83	1.11 × 10 <sup>-6</sup>
建筑泥饼	2.60	1.74	38.8	24.5	0.655	10.4	20.8	4.18	5.5 × 10 <sup>-7</sup>

a) 干基含水率 = 湿基含水率 / 100 - 湿基含水率 (%)

河道淤泥与建筑泥浆时, 小时处理量分别为 15m<sup>3</sup> 和 9m<sup>3</sup>, 则每 m<sup>3</sup> 的处理成本分别为 10.3 元/m<sup>3</sup> 和 17.2 元/m<sup>3</sup>, 可达到的减量率分别为 88% 和 80%。则仅考虑以外运成本节省为处理回报时, 可平衡处理成本的外运价格分别为 11.7 元/m<sup>3</sup> 和 21.5 元/m<sup>3</sup>, 但上海目前此二种泥浆的外运价格分别为 45 元/m<sup>3</sup> 和 60 元/m<sup>3</sup>; 二者的节支效益分别为 74% 和 64%。当然这仅是直接效益, 由环境与资源效益带来的间接经济效益尚未计入, 可见市政淤泥脱水固化确是多项效益统一的废弃物处理技术。

表 7 脱水机组操作成本(元/h)

投资	能源	人工	药剂	维护与其他	合计
31.5	48	24	38.4	12.6	154.5

a) 按总投资 70 万元, 投资利率 8% · y<sup>-1</sup>, 折旧 10 年, 年工作小时数 4000h 计;

b) 按电价 0.8 元/kWh 计, 用柴油机时油价按 1/3, 但计入发电机成本后应与之相当;

c) 按工资成本 6 元/h · Capita 计;

d) 按投资成本 40% 计。

## 5 结语

(1) 市政淤泥是城市建设与维护过程中产生的, 对城市与周边地区环境有潜在危险的废弃物。

(2) 此废弃物有一定的市内利用可能, 关键是解决淤泥的现场脱水与固化。

(3) 离心脱水工艺适用于此类淤泥的脱水固化。

(4) 已发展的移动式市政淤泥脱水机组, 使淤泥脱水后的含水率 < 30%, 内聚力 > 10kPa<sup>-1</sup>, 适于市内利用或作卫生填埋处置, 可消除其对环境的危害。环境与资源效益显著。

(5) 该机组仅由使淤泥外运减量即可产生确定的经济效益, 节支率 > 64%。

## 参考文献:

- 1 杨浦区河道管理所、同济大学、城市河道淤泥清理与处理技术系统研究项目研究报告, 上海, 1998.10
- 2 同济大学、上海市市政工程建设公司、上海市市政工程管理处、上海市通沟污泥处理和处置的可行性研究报告 I, 上海, 1990.4
- 3 上海市环境保护科学研究所、上海市污泥现状调研, 上海, 1992.6

