

# 河道疏浚淤泥综合处置思路研究 —以苏州市为例

战玉柱, 孙 奇, 徐 缙, 胡惠良, 苏 庆

(江苏省工程咨询中心, 江苏 南京 210009)

**摘要:** 淤泥综合处置需根据清淤计划、监测淤泥中污染物成分及理化指标, 调研淤泥处理处置的条件, 通过工艺技术和经济费用的综合比选, 明确淤泥综合处置方案。苏州市疏浚淤泥建议优先考虑还田还林农用, 剩余的淤泥进行脱水干化处理。干化后的淤泥考虑园林绿化、河道堤岸护坡建设、淤泥制建材、回填至宕口及低洼地等, 尽可能的提高淤泥资源化利用率, 解决淤泥最终出路问题。

**关键词:** 疏浚淤泥; 处理处置; 资源化

中图分类号: TV85 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2018) 11-0026-05

## Study on comprehensive disposal of dredged silt in river channel: a case study of Suzhou

ZHAN Yuzhu, SUN Qi, XU Ti, HU Huiliang, SU Qing

(Jiangsu Engineering Consulting Center, Nanjing 210009, Jiangsu)

**Abstract:** The silt comprehensive treatment needs to monitor the pollutant composition and physical and chemical indicators in the silt according to the dredging plan, investigate the conditions of silt treatment and disposal, and comprehensively select the sludge comprehensive treatment plan through the comprehensive comparison of process technology and economic costs. The dredging sludge in Suzhou City is recommended to give priority to returning farmland to forestry, and the remaining sludge is dehydrated and dried. The silt after drying is considered as garden greening, river bank slope protection construction, silt making building materials, backfilling to down and low-lying land, so as to improve the utilization rate of silt resources and solve the final outlet of silt.

**Key words:** dredged silt; treatment and disposal; resource

## 0 背景

环保疏浚是清除河流及湖泊内源污染荷的快速、有效方法<sup>[1-2]</sup>, 但淤泥是一种由细颗粒物、有机质及各种其他胶体类物质组成的多组份分散体系, 富含氮、磷等营养盐物质, 在自然条件下不易

干化<sup>[3]</sup>。常规的淤泥处置方式存在占用大量土地资源、易发生环境风险等问题<sup>[4]</sup>, 这也成为了影响清淤工程效率和经济性的重要因素, 在苏州这种人口密集、经济发达的地区, 这一矛盾更加突出, 因此疏浚淤泥能否及时有效的处理处置已成为制约河道疏浚工程项目顺利实施的重要因素。为探索

收稿日期: 2018-05-14

作者简介: 战玉柱 (1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事生态环境保护方向的研究与工作。

淤泥处理处置的新思路, 结合已有的研究工作及案例等, 特针对苏州市河道疏浚淤泥综合处置工作进行研究, 提出相应的解决思路。

苏州北靠长江, 西倚太湖, 地势平坦, 河道纵横, 湖泊众多, 河湖资源十分丰富, 河河相通、河湖相通的特点构成了独特的平原水网, 形成“一江、百湖、万河”的独特水网水系格局<sup>[5]</sup>。根据 2014 年全市水域面积详细调查结果, 全市共有各级河道 21879 条, 总长度为 1637.51 km, 其中列入江苏省骨干河道名录的河流 93 条, 水域面积 958.117 km<sup>2</sup>, 大小湖泊 353 个, 湖泊水域面积 2197.838 km<sup>2</sup>。包含长江、太湖在内的水域总面积为 3205.005 km<sup>2</sup>, 水面率为 37.0% (注: 同口径计算的全市总面积为 8657 km<sup>2</sup>)。

## 1 研究进展

疏浚淤泥一般具有含水率高、强度低等特点, 因此, 在对淤泥进行规范化处理处置和资源化利用前需对淤泥脱水干化以减少容积, 以便于运输及后续的资源化利用等。常用的淤泥处理处置技术可根据处置阶段的不同分为淤泥脱水干化技术与淤泥资源化利用技术 2 大类。

常用的淤泥脱水干化技术可分为自然脱水干化技术和机械脱水干化技术。泥浆自然脱水干化通常采用自然暴晒、人工翻晒、铗壕挖掘等方式<sup>[6]</sup>, 多与堆场周转使用技术、多级围堰排水、预埋排水系统等工艺技术配合使用, 加速淤泥的干化。该类脱水工艺技术较简单, 直接处理成本最低, 但存在处置占用土地面积较大、堆放时间较长等问题, 适合处理少量的淤泥。泥浆机械脱水干化的种类很多, 按脱水原理可分为真空预压脱水<sup>[7]</sup>、土工管袋脱水<sup>[8]</sup>、离心机械脱水及加压过滤脱水等工艺技术。淤泥机械脱水通常需先采用加药调理法, 用化学调理的措施能破坏污泥的亲水胶体结构, 改善污泥的脱水特性, 提高脱水效率。该类干化方法具有干化速率快、占地面积小, 但需要一定的设备投入, 干化成本较高, 适合处理大量的淤泥。

目前常用的淤泥资源化利用<sup>[9-10]</sup>包括农业利用(还林或还田等), 绿化基质利用(草地、湿地、市政绿化、育苗、园林绿化等), 土地利用(修复扰动严重的土地, 如采矿矿坑、建筑取土废坑、森林采伐场、垃圾填埋场、需复垦的土地, 做道路路基、

河道护坡, 堆山造地、造景等), 制作建材利用<sup>[11]</sup>(淤泥制陶粒、制砖等)等。淤泥的资源化利用应根据底泥中污染物的含量及成分等, 在满足相关标准规范的基础上, 综合考虑工艺技术和经济费用, 因地制宜选择合适的资源化利用途径。

## 2 研究思路

(1) 明确清淤计划。结合地区的相关规划及轮浚计划等, 明确拟实施的清淤计划, 确定淤泥综合处置的规模等。

(2) 监测污染物成分。结合淤泥可能的综合利用途径及处置去向, 针对实施疏浚清淤的河道, 根据相关标准规范要求, 对其淤泥中污染物、矿物指标、塑性指数等指标进行监测分析, 摸清淤泥中污染物的成分及理化性质情况, 为后续的处理处置提供基础。

(3) 了解淤泥处置条件。结合淤泥资源化利用方式, 了解河道周边一定范围内可供利用的堆场、农田、绿化建设、扰动严重的土地情况、制建材类企业等处置条件情况, 明确可接纳的符合相关回用标准的淤泥量、接纳方式、距离等, 明确疏浚淤泥综合处置的前提条件。

(4) 提出综合处置方案。根据监测结果, 处置条件, 实际接纳的能力和意愿等情况, 提出具有淤泥综合处置方案, 明确处理对象、处置去向、占地面积、处理要求、工艺技术方案和工程建设方案等。

(5) 提出分步实施建议。根据拟实施的河道清淤计划, 结合河道所在位置、场地条件、处置条件等, 提出河道分步实施清淤的进度建议, 以便于合理安排淤泥的综合处置。

(6) 估算所需费用。根据所需处置的淤泥量、淤泥的处置方式及综合处置方案、场地租赁、运行管理等, 合理估算所需费用, 并提出相应的资金筹措方式。详见图 1。

## 3 研究结果及分析

### 3.1 清淤计划

根据《苏州市水利水务“十三五”发展规划》及各区市的水利规划或轮浚计划, 苏州市“十三五”期间将重点实施水系连通工程、区域骨干河道整治工程、中小河流整治、农村畅流活水工程、阳澄

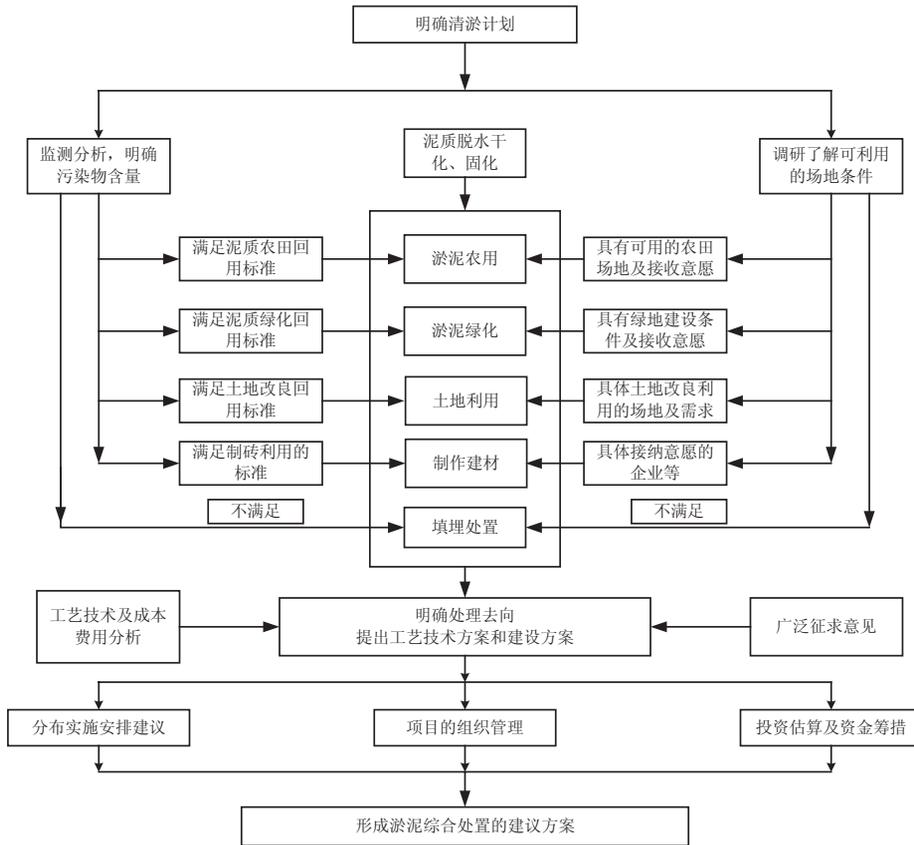


图1 综合处置思路研究示意图

湖周边地区河道清淤以及黑臭河道整治等工程,平均每年拟规划实施河道疏浚规模超过 1000 万 m<sup>3</sup> 水下淤泥方量。不同的清淤疏浚方式产生的淤泥量也不尽相同,若采用绞吸式清淤设备,则实际产生的淤泥量约是水下淤泥方量的 5 ~ 8 倍,干河清淤产生的淤泥量约为水下淤泥方量的 1 ~ 2 倍,因此苏州市每年将有大量的淤泥产生。

### 3.2 接纳能力分析

#### (1) 淤泥农用

根据《城镇污水处理厂污泥处置农用泥质》(CJ/T309-2009),符合污染控制标准的淤泥农用量每年每公顷不得超过 30 t(以干重计),连续施用不得超过 20 年,农用可接纳的淤泥体积计算方法见式(1)。

$$Q_1 = \frac{A_1 \times R_1 \times U \times 1000}{(1-w)\rho} \quad (1)$$

式中:

Q<sub>1</sub>—农用可接纳的淤泥体积,通常按水下淤泥方量计, m<sup>3</sup>;

A<sub>1</sub>—可利用的农田场地面积;

R<sub>1</sub>—接纳的意愿系数;

U—年施用量,每年每公顷不得超过 30 t(以干重计);

w—淤泥的含水率;

ρ—淤泥的湿密度,单位 kg/m<sup>3</sup>。

#### (2) 其他方式

淤泥园林绿化、回填至洼地等的接纳量一般参考可利用的场地面积及淤泥的平均堆积高度计算,具体计算公式见式(2)。

$$Q_2 = \frac{R_2 \times A \times H \times 1000}{(1-w)\rho} \quad (2)$$

式中:

Q<sub>2</sub>—可接纳的淤泥体积,通常按水下淤泥方量计, m<sup>3</sup>;

R<sub>2</sub>—接纳的意愿系数;

A—场地面积;

H—平均堆积高度。

### 3.3 监测结果及分析

本研究拟针对淤泥资源化利用的方式,对于苏州市清淤淤泥中矿物成分、塑性指数、烧失量、粒

度与级配、营养类指标等进行监测分析<sup>[12]</sup>, 具体结果如下所示。

(1) 矿物成分

采用 X 射线衍射仪 (XRD) 分析淤泥样品的矿物成分, 见图 2。根据监测结果可知, 苏州市清淤淤泥中含有的主要矿物相为石英, 云母, 长石, 高岭石, 碳酸岩等。采用 X 射线荧光光谱分析法 (XRF) 分析所用脱水淤泥样品的化学组分, 见表 1。用以判断淤泥的化学组成是否满足烧结砖配比的需要。根据样品的 XRF 监测结果, 淤泥的化学成分主要为 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO 和 SO<sub>3</sub>, 其中 SiO<sub>2</sub> 的含量占比在 50% 以上, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量占比在 11% 以上, 其余成分占比不足 31%。

根据监测样品的矿物成分均值, 所监测的淤泥用于烧结砖时具有一定的可行性, 但部分样品直接用于烧结砖时存在制品耐候性劣化和体积稳定性有隐患的问题<sup>[13]</sup>, 需加入一定的配料进行调节。

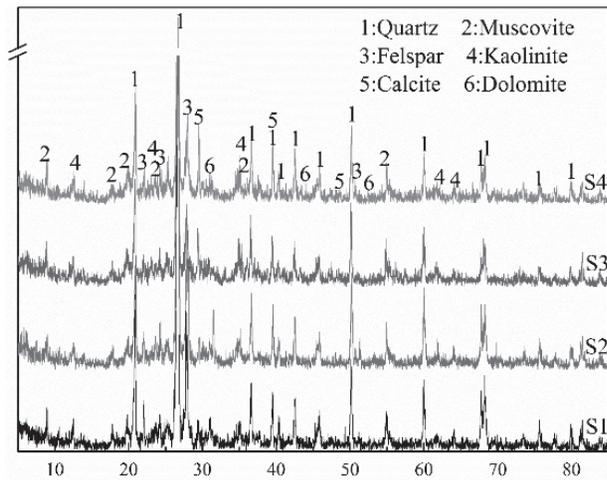


图 2 清淤淤泥 XRD 图谱分析图

表 1 XRF 数据结果

单位: %

样品	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
S1	58.47	11.47	2.58	2.43	1.61	0.32
S2	60.74	11.41	2.73	2.11	1.61	0.1
S3	50.68	12.09	2.98	3.64	1.62	1.48
S4	54.97	12.59	3.06	2.82	1.88	0.9
平均值	56.22	11.89	2.84	2.75	1.68	0.7

(2) 塑性指数

对清淤淤泥的塑性指数进行监测分析可知, 监测样品的淤泥塑性指数介于 7 ~ 34 之间, 各样品之间数值差别很大; 考虑到烧结砖所用原材料的塑性指数通常需介于 7 ~ 15 之间, 现有的样品中仅有一个满足淤泥做烧结砖原材料的塑性指数要求, 其余样品塑性指数偏大, 表明此类淤泥的颗粒粒径较细, 比表面积较大, 淤泥的粘粒或亲水矿物含量较高, 淤泥处在可塑状态的含水量变化范围较大, 当该淤泥作为原材料制备烧结砖时, 应提前降低其含水率, 或加入适量磷矿渣、建筑垃圾、废砂、石屑等<sup>[14]</sup>, 用以降低淤泥的塑性指数。详见表 2、图 3。

表 2 塑性指数监测结果

样品名称	液限 W <sub>L</sub>	塑限 W <sub>P</sub>	塑性指数 I <sub>p</sub>	分类
S1	42.70	23.84	18.86	CL
S2	28.35	21.36	6.99	ML
S3	70.11	36.11	34	MH
S4	53.41	28.26	25.15	MH

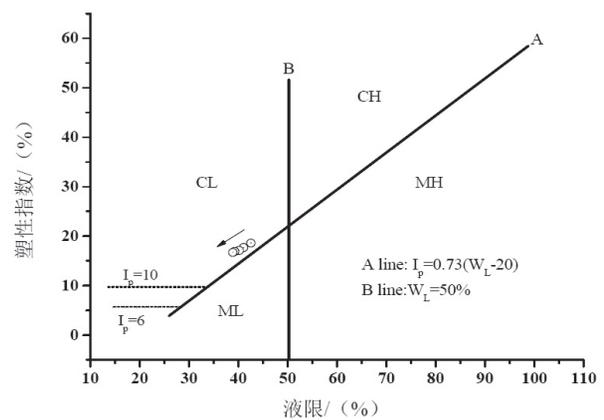


图 3 塑性指数图

(3) 烧失量

烧失量的具体监测结果如下表 3 所示。样品的烧失量范围为 17.59% ~ 23.49%, 平均值为 20.27%, 满足淤泥制砖时对烧失量 ≤ 50% 的要求。

表 3 烧失量监测结果

样品名称	LOI%
S1	19.71
S2	17.59
S3	23.49
S4	20.27

#### (4) 粒度与级配

采用激光粒度分析仪对样品粒度与级配进行监测分析,根据监测结果,监测淤泥的 $D_v(10)$  ( $\mu\text{m}$ ) 粒径范围为 2.96 ~ 4.26,平均值为 3.35, $D_v(50)$  ( $\mu\text{m}$ ) 中粒径范围为 15.1 ~ 35.5,平均值为 23.1, $D_v(90)$  ( $\mu\text{m}$ ) 粒径范围为 52.1 ~ 155,平均值为 94.3。见表 4。

表 4 粒径分布监测结果

单位:  $\mu\text{m}$

粒度分布	$D_v(10)$	$D_v(50)$	$D_v(90)$
S1	3.06	22.4	96.4
S2	2.96	35.5	155
S3	4.26	19.4	73.7
S4	3.13	15.1	52.1

通过对比烧结砖对原材料颗粒级配可知,所测样品若用于烧结砖等资源利用,其粒径较小,颗粒较细,在烧结过程中可能存在制坯过程的耐候性劣化问题<sup>[15]</sup>,可通过添加粒径较大的炉渣、粉煤灰及工业废渣等进行配比调节,满足烧结的要求。见表 5。

表 5 烧结砖原材料颗粒级配及其作用

粒径 (mm)	作用	比例 (%)
0 ~ 0.05	塑性颗粒	35 ~ 55
0.05 ~ 1.2	填充颗粒 (收缩、强度)	20 ~ 65
1.2 ~ 2	骨架,干燥排水	< 30

#### (5) 营养类指标

淤泥用于农用、绿化和土地改良用泥等资源利用时,对淤泥中营养成分氮、磷、钾及有机质有一定要求,通过对苏州市河道淤泥营养物质监测结果分析,可明确苏州市河道淤泥农用、绿化和土地改良用泥资源化利用的可行性。

根据对苏州市河道淤泥氮、磷、钾等营养盐指标的监测结果(图 4)可知,苏州市河道淤泥中含有一定的营养成分,具备农用、绿化和土地改良用泥资源化利用的可行性。

#### 3.4 建议方案

根据苏州市“十三五”期间的清淤计划,按照淤泥的综合处置原则,结合淤泥中污染物的含量、苏州市各地区淤泥的处置条件以及现有的淤泥处置方式等,根据成本费用分析,在符合相关标准规范的基础上,建议清淤淤泥优先考虑还田还林农用(淤泥农用时优先采用农村河道的淤泥);剩余

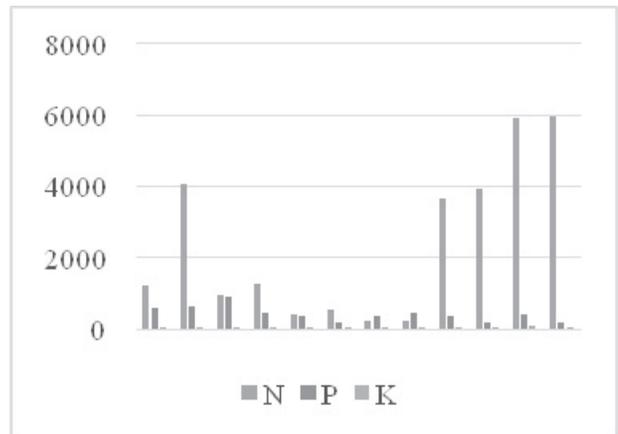


图 4 营养物质指标监测值 (mg/kg)

的淤泥进行脱水干化处理;干化后的淤泥考虑园林绿化、河道堤岸护坡建设、淤泥制建材、做交通路基、宕口及低洼地(废弃取土场)回填等,多措并举地提高淤泥的资源化利用率,解决淤泥最终出路问题。

## 4 结论

淤泥综合处置需根据清淤计划、监测淤泥中污染物成分及理化指标,明确淤泥综合利用的可行性;调研淤泥处理处置的条件,明确可接纳的淤泥量、接纳方式、距离等,明确疏浚淤泥综合处置的前提条件;进行工艺技术和经济费用的综合比选,明确淤泥综合处置方案。

苏州市河道清淤淤泥塑性指数偏大、颗粒粒径较细,若直接用于烧结砖利用,可能会存在制品耐候性劣化和体积稳定性有隐患的问题,需考虑掺入一定的配料进行调节;但淤泥中含有一定的氮磷钾等营养元素,可用于农用或园林绿化等使用。

苏州市数据淤泥综合处置应按照减量化、无害化、资源化原则,尽可能进行资源化利用。淤泥综合利用应在符合相关标准规范的基础上,结合成本费用和工艺技术综合分析,考虑还田还林农用,脱水干化处理处置,园林绿化利用、河道堤岸护坡建设利用、淤泥制建材、做交通路基、宕口及低洼地(废弃取土场)回填等,提高淤泥的资源化利用率,解决淤泥最终出路问题。

#### 参考文献:

- [1] 朱红伟,尚晓,张坤,等.疏浚水流扰动作用下的河道

(下转第 34 页)

（上接第30页）

- 底泥污染物释放效应 [ J ] . 净水技术, 2014, 33 ( 2 ) : 81-85 .
- [ 2 ] 姜霞, 王书航, 张晴波, 等 . 污染底泥环保疏浚工程的理念·应用条件·关键问题 [ J ] . 环境科学研究, 2017, 30 ( 10 ) : 1497-1504 .
- [ 3 ] 骆勇军, 周益安, 尹吉国 . 疏浚淤泥处置利用技术研究综述 [ J ] . 浙江水利科技, 2010 ( 3 ) : 60-61, 66 .
- [ 4 ] 霍守亮, 席北斗, 荆一凤, 等 . 环保疏浚底泥干化技术研究 [ J ] . 环境工程, 2007, 25 ( 5 ) : 72-75 .
- [ 5 ] 量化评价参数助力整治苏州城区河道 [ J ] . 城乡建设, 2015 ( 11 ) : 13 .
- [ 6 ] 戴鼎立, 何圣兵, 陈雪初, 等 . 疏浚底泥的脱水干化技术研究进展 [ J ] . 净水技术, 2012, 31 ( 1 ) : 80-85 .
- [ 7 ] 禹杨, 吴燕, 胡保安, 等 . 疏浚底泥掺外加剂真空预压脱水技术研究 [ J ] . 水利水运工程学报, 2013 ( 3 ) : 78-82 .
- [ 8 ] 楚维国, 张志军, 陈琦 . 疏浚工程中的土工管袋技术 [ J ] . 水运工程, 2014 ( 6 ) : 151-153 .
- [ 9 ] 王坤 . 疏浚淤泥资源化利用技术综述 [ J ] . 城市建设理论研究 ( 电子版 ), 2014 ( 1 ) .
- [ 10 ] 张春雷, 管非凡, 李磊, 等 . 中国疏浚淤泥的处理处置及资源化利用进展 [ J ] . 环境工程, 2014, 32 ( 12 ) : 95-99 .
- [ 11 ] 刘刚, 杨放鸣, 石俊龙, 郝帅 . 国内淤泥建材化的研究现状 [ J ] . 北方建筑, 2017, 2 ( 6 ) : 35-37 .
- [ 12 ] 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英 . 环境监测第 3 版 [ M ] . 北京: 高等教育出版社, 2004 .
- [ 13 ] 张志峰, 李明东, 田安国, 等 . 连云港渣土淤泥的性质和烧结建材可行性 [ J ] . 江苏建筑, 2015 ( 3 ) : 104-107 .
- [ 14 ] Yan H D, Lin M H. The experimental study and analysis on the scumming degree of sea mud sintered perforated brick with industrial waste slag [ J ] . Advanced Materials Research, 2012, 1616 ( 450 ) : 115-121 .
- [ 15 ] 李明东, 丛新, 张志峰 . 资源化利用废泥生产建材的现状与展望 [ J ] . 环境工程, 2016, 34 ( 4 ) : 116-121 .