

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.03.064

基于河湖底泥资源化应用的绿色道路建设研究

秦孔源

[上海公路桥梁(集团)有限公司,上海市 200433]

摘要: 基于河湖底泥水热固化生产工艺的系统研究,结合河湖底泥资源化产品在G15嘉浏段拓宽改建工程项目的经验,提出河湖底泥在绿色道路建设方面的应用技术,包括路面砖、路缘石、排水构造物、护坡砌块等底泥制产品的设计指标及施工工艺。针对1块河湖底泥标准砖进行了LCA评价,相较于传统的黏土实心标准砖和混凝土标准砖,其具有6项环境影响类型指标优势,并根据生命周期3E影响评价结果给出了相应研究和生产建议。河湖底泥资源化绿色道路产品在工程应用中取得了良好的经济、社会和环境效益,对城市河道生态建设具有借鉴意义。

关键词: 河湖底泥;资源化;水热固化;道路建设;生命周期评价

中图分类号: U417

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)03-0259-07

0 引言

我国河湖众多,底泥沉积、污染状况严重,全国大约有90%的河湖水体受到不同程度的严重污染,同时黑臭水体整治工程中会不可避免地产生大量的清淤底泥^[1]。由于底泥的含泥量大,含水率较高,组成成分复杂,不当处理容易对环境产生二次污染,主要体现在污染水体、污染土壤、空气污染、地质灾害等方面。同时,河湖淤积不仅降低了对洪涝滞蓄和防洪减灾的能力,造成河道行洪等水利功能的失衡,并对水体生物的生长造成不利的影。自2015年4月国务院发布《水污染防治行动计划》以来,全国范围内均展开了以改善水环境质量为核心的江河湖库污染整治行动。河湖底泥处理处置是治理河湖的重要措施,随着我国生态文明建设目标的提出及十四五规划“碳中和碳达峰”的政策出台,将河湖底泥进行无害化处理和资源化综合利用是今后必然的选择。

国内外近20a河湖底泥资源化利用途径可总结为“土地利用、建材利用、填方”三条途径^[2]。底泥做建筑材料主要包括制陶粒、制轻质砖、制瓷砖和制水泥熟料等。底泥具有颗粒细、可塑性高、结合力强、收缩率大等特点,所生产的砖瓦质量高,可替代黏土用于制造建筑材料,减少对土地资源的破坏。另外,建筑材料需求量大,可消纳大量疏浚污泥,是底泥资

源化利用的较好选择,在我国有着广阔的发展前景。目前市场上有用底泥混合煤粒及一些其他成分制砖、瓷砖、水泥熟料。

目前,河湖底泥资源化应用已有一定的工程经验,但相应的系统研究较少。黄伟等^[3]从泥沙固化的角度对城市河湖清淤提出施工建议,刘军武等^[4]则提出了一套河湖底泥生态治理系统的设计方案。本文依托上海市G15嘉浏段拓宽扩建工程,通过对河湖底泥进行异位处理,采用水热固化的技术方法制备河湖底泥资源化产品并加以应用,探讨其在绿色道路建设方面的施工工艺。通过对一块河湖底泥标准砖进行生命周期评价,给出相应的研究和生产建议,为城市河道生态建设提供借鉴。

1 项目概况

本文所涉及基于河湖底泥资源化产品应用的绿色道路示范项目依托于上海市G15嘉浏段拓宽扩建工程。G15嘉浏段北起江苏省省界(新浏河大桥以北);南至G1501—G15立交中心,本次改建在现状基础上进行两侧拓宽改建,全长约12.568 km,由北向南经过嘉定工业区、嘉定城北大型居住区等。全线采用高速公路标准设计速度100 km/h。设计路基宽度41.0 m,其中中间带3.5 m(中央分隔带宽2.0 m,路缘带宽2×0.75 m),行车道路面宽2×(4×3.75)m,硬路肩2×3.0 m(含路缘带宽2×0.5 m),土路肩宽2×0.75 m。工程中主要选用的河湖底泥资源化产品包括路基边沟、路沿石、边沟板等。

收稿日期:2022-04-26

基金项目:上海市科学技术委员会工程技术研究中心建设专项资助项目(20DZ2251900)

作者简介:秦孔源(1996—),男,硕士,助理工程师,从事道路材料研发工作。

2 河湖底泥资源化应用

2.1 生产工艺

相较于传统的河湖底泥建材化烧制工艺、免烧工艺,水热建材资源化有着极大的优势:不仅可以一劳永逸地解决河湖底泥处置问题,且生产的建材制品成本低、附加值高,具有较强的市场竞争力,可进一步促进地方经济发展和社会稳定,具有良好的社会效益;另一方面,水热固化工艺一般反应温度小于 200°C ,反应时间为 $6\sim 8\text{ h}$,可节省大量能源,在消纳河湖底泥的同时无二次污染,环境效益显著。

本项目所用河湖底泥资源化产品采用“机械脱水+太阳能干化+水热制砖”的生产工艺制成,主要是利用了河湖底泥中的以硅质、铝质和钙质为主的矿物(石英、于母、长石等),因此底泥平均掺量可达 $50\%\sim 80\%$,保证产品质量的同时也降低了资源化利用过程的原料成本,使固废资源化处理成本大幅降低。工艺流程总图如图1所示。

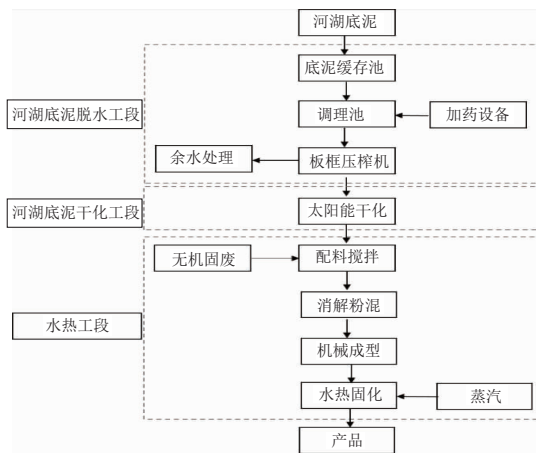


图1 河湖底泥资源化工艺流程图

河湖底泥的含水率一般为 65% 左右,但参与水热固化反应时,必须达到脱塑状态,即将底泥脱水干化到含水率 $\leq 25\%$ 。目前常用的机械脱水工艺仅可将河湖底泥的含水率降到 $40\%\sim 50\%$,所以须在后续干化工段达到要求含水率。同时,河湖底泥中含有一定量的有机质,为了保证水热固化后的产品具有足够强度,一般与其他有机物含量较低的固体废弃物(例如建筑垃圾、工程渣土等以无机质为主的一般固体废弃物)协同资源化处置。关键工艺如下:

(1)脱水工艺。由于河湖底泥的处理量大,工作时间长,需要对其进行减量化处理,因此采用一体化机械脱水工艺进行处理。具体工艺流程如图2所示。

(2)太阳能干化工艺。为了提高经济效益,选取太阳能干化处理工艺作为本项目的干化工艺。该工

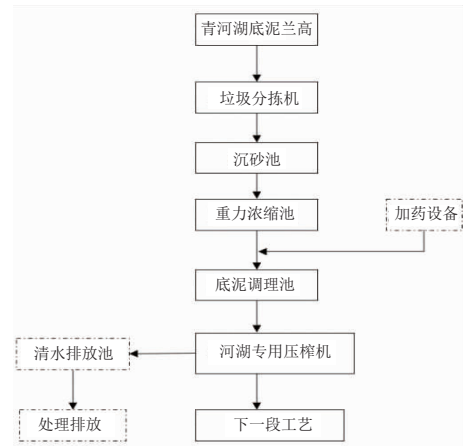


图2 机械固结一体化脱水处理技术工艺流程图

艺可大幅降低含水率较高($40\%\sim 50\%$)的脱水底泥的体积或重量,从而降低后续的处理费用。将河湖底泥放置在太阳能干化温室之内,然后通过底泥翻抛机进行全自动翻泥运输,输出产品为无臭味干泥颗粒,即可作为原料进入后续的水热制砖工段。其工艺流程图如图3所示。



图3 太阳能干化工艺流程图

(3)水热固化工艺。水热反应,属于液相反应,是指在特制的密闭反应器(高压釜)中,以水溶液作为反应体系,通过对反应体系加热、加压(或自生蒸汽压)而进行材料合成与材料处理的一种有效方法,可以看成是地表下的堆积岩的漫长形成过程(需千百万年)在实验室的再现(数小时),如图4所示。利用堆积岩的成岩机理,在特制的密闭反应器(高压釜)中,以水溶液作为反应体系,通过对反应体系加热、加压(或自生蒸汽压),可以获得坚硬的水热合成体。在水热反应中,水既可作为一种化学组分参与反应,又可以作为溶剂和膨化促进剂,同时也是压力传递介质,通过加速渗透反应和控制过程的物理化学因素,实现无机化合物的形成和改进。此外,由于水热合成技术所需温度较低($\leq 200^{\circ}\text{C}$),故对底泥原料自身的微观孔结构破坏较小,且制备过程所需能耗较低,大约仅为烧成陶瓷材料的六分之一。

2.2 产品及应用

河湖底泥经水热固化技术处理后得到的产品在满足相应技术指标的前提下,可取代混凝土制品,广泛应用于道路工程,如路面砖、路缘石、排水及边坡

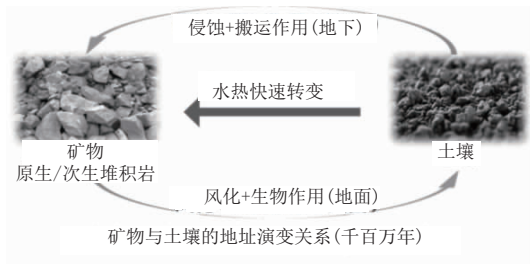


图4 水热固化的技术原理

构造物等。本项目河湖底泥资源化绿色道路产品使用性能及施工工艺如下:

(1) 路面砖

河湖底泥制路面砖原材料及比例为:淤泥粗颗粒 22.29%+ 淤泥细颗粒 35.75%+ 瓜子片 11.29%+ 钢渣 9.81%+ 石灰 13.76%+ 水 4.31%+ 矿粉 1.23%+ 粉煤灰 1.44%+ 固化剂 0.12%, 可满足 30 MPa 抗压强度要求。施工前应根据《城镇道路路面设计规范》(CJJ 169—2012)、《混凝土路面砖》(GB 28635—2012)、《非烧结淤泥路面砖》(T/SCS 000002—2019)等规范要求对外观尺寸、抗压强度、耐磨度、防滑性能、抗冻性能、吸水率等各项技术指标进行检测并确保合格,待施工准备工作完成后,按照常规预制路面砖施工工艺进行铺设即可。

(2) 路缘石

河湖底泥制路缘石预制砌块原材料及比例为:淤泥粗颗粒 22.29%+ 淤泥细颗粒 35.75%+ 瓜子片 11.29%+ 钢渣 9.81%+ 石灰 13.76%+ 水 4.31%+ 矿粉 1.23%+ 粉煤灰 1.44%+ 固化剂 0.12%, 设计如图 5 所示。

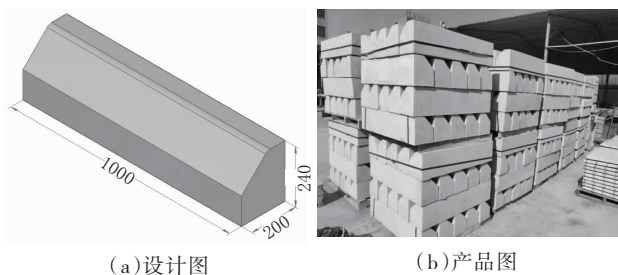


图5 预制路缘石(单位:mm)

根据《混凝土路缘石》(JC/899—2016)规范,路缘石设计及成品应满足相关力学、物理、外观尺寸等要求。路缘石的施工准备工作包括路缘石检查、测量放样、运输,全程应注意应轻拿轻放,避免损坏,具体施工工艺与常规路缘石铺设方法相同。

(3) 排水构造物

路基边沟预制砌块原材料及比例为:淤泥粗颗粒 26.88%+ 淤泥细颗粒 30.86%+ 瓜子片 13.42%+ 钢渣 9.41%+ 石灰 12.40%+ 水 4.33%+ 矿粉 1.18%+

粉煤灰 1.38%+ 固化剂 0.14%, 设计如图 6 所示,可用作排水构造物。

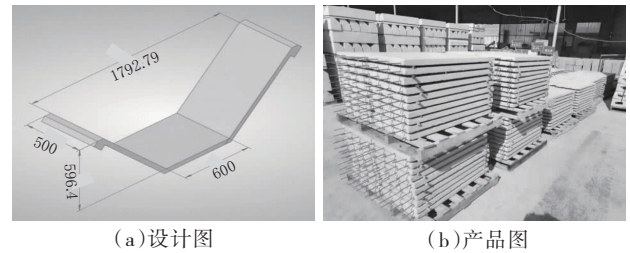


图6 路基排水边沟(单位:mm)

边沟的纵坡坡度应结合路线纵坡、地形、土质、出水口位置等情况选定,宜与路线纵坡坡度一致,且不宜小于 0.3%, 困难情况下,不应小于 0.1%。当路线纵坡坡度小于沟底最小不淤积纵坡坡度时,边沟宜采用沟底最小不淤积纵坡坡度,并缩短边沟出水口的间距。此外应满足《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)中环境类别及结构混凝土耐久性的规定。

边沟断面形式及尺寸应根据降雨强度、汇水面积、地形地质条件以及对路测安全与环境景观的影响程度等确定,可采用三角形、浅碟形、梯形或矩形等形式。高速公路、一级公路挖方路段的矩形边沟,在不设护栏的地段,应设置带泄水孔的钢筋混凝土盖板或钢筋加强的复合材料盖板。

边沟出水口的间距,应结合地形、地质条件以及桥涵和天然沟渠位置,经水力计算确定。梯形、矩形边沟不宜超过 500 m, 多雨地区不宜超过 300 m; 三角形和碟形边沟不宜超过 200 m。

实际施工时采用梯形预制混凝土板边沟,混凝土等级为 C25, 两侧预制板采用河湖底泥资源化利用制作。同时,为保证边沟的整体性和稳定性,边沟底板和压顶采用混凝土现浇形式。施工流程为:边沟沟槽开挖→碎石垫层→两侧边板安装→底板浇筑→勾缝、压顶混凝土浇筑→压顶混凝土两侧平台土方回填护边。

急流槽预制砌块原材料及比例为:淤泥粗颗粒 19.58%+ 淤泥细颗粒 29.03%+ 钢渣 29.72%+ 石灰 14.14%+ 水 4.57%+ 矿粉 1.31%+ 粉煤灰 1.52%+ 固化剂 0.13%, 设计如图 7 所示。

在道路工程中,急流槽常被建在坡路两边,用来排水以及达到减缓水流速度的目的,对路基起到保护作用。通常下接跌水槽防止水流过早冲坏下部水流通。根据《公路路基设计规范》(JTG D30—2015)^[5],水流通过坡度大于 10%、水头高差大于 1.0 m 的陡

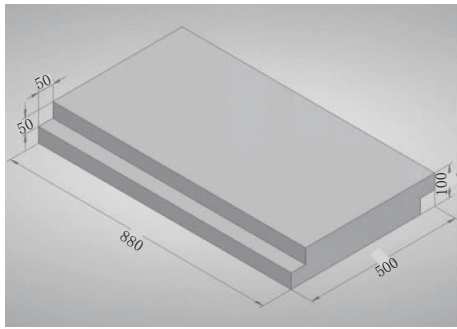


图7 急流槽设计图(单位:mm)

坡地段或特殊陡坎地段时,宜设置跌水或急流槽,并对其采取加固措施,急流槽底应与地形结合,进水口应予以加固防护,出水口应采消能措施,防止冲刷。

急流槽可分进口、槽身和出口3个部分,纵坡一般不宜超过1:1.5,可用片(块)石浆砌或水泥混凝土浇筑,进水槽和出水槽底部须用片石铺砌,长度一般不短于10 m,个别情况下,应在下游设厚0.2~0.5 m、长2.5 m的防冲铺砌。槽壁厚度,石砌时一般为0.4 m,水泥混凝土为0.3 m。槽壁应高出计算水深至少0.2 m。公路路基边坡急流槽底常采用预制混凝土U型槽。

(4) 边坡预制砌块

边坡预制六角块原材料及比例为:淤泥粗颗粒26.88%+淤泥细颗粒30.86%+瓜子片13.42%+钢渣9.41%+石灰12.40%+水4.33%+矿粉1.18%+粉煤灰1.38%+固化剂0.14%,设计如图8所示,其满足《预制混凝土护坡砌块》(DB34/T 1930—2013)规定的外观质量、强度指标、碳化及软化等性能要求,可应用于护坡工程。

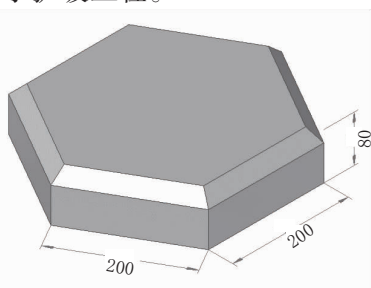


图8 预制六角块设计图(单位:mm)

坡面施工前应进行测量放样并进行修坡,预制块铺设重点是控制好两条线(坡顶线和底脚线)和一个面(铺砌面)。保证上述两条线的顺畅和护砌面的平整,对整个护坡外观质量的评价至关重要。预制块砌筑必须从下往上的顺序砌筑,砌筑应平整、咬合紧密。砌筑时依放样桩纵向拉线控制坡比,横向拉线控制平整度,使平整度达到设计要求。

3 生命周期评价

3.1 LCA 评价

生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是系统化、定量化评价各种产品从原材料开采、产品生产、运输、使用到废弃、循环再生等生命周期全过程所造成资源环境影响的国际标准评价方法。对产品进行生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)可以系统、量化、客观分析产品生命周期对不同环境影响类型的贡献,在产品设计和生产方案选择中引入LCA可以有效识别各环境影响类型的关键因素,针对性的改进以降低产品的生命周期环境影响^[6]。

河湖底泥砖是对河湖底泥固废的一种资源化利用,通过对河湖底泥的处理、干化、消解粉混、水热反应等一系列工艺过程,将其转化为标准砖用于工程领域。河湖底泥砖与传统普通标准砖具有同样的功能特性,在淤泥固废资源化利用的同时对环境也带来了一定影响。目前,国内在河湖底泥标准砖技术可行性、方案经济性等方面已开展了一些研究和论证^[7],而对其生命周期环境影响方面的研究较少。产品在功能上具有可替代性且生命周期系统边界保持一致是产品生命周期评价的基础,故本文通过对比河湖底泥砖与亿科中国生命周期基础数据库CLCD中黏土实心砖和混凝土砖的环境影响类型指标结果,从生命周期环境影响的角度为河湖底泥制砖工艺路线提供数据支撑。

为方便系统中输入/输出的量化和与数据库同类产品的结果对比,以生产1块河湖底泥标准砖(240 mm × 115 mm × 53 mm)为功能单位,按照ISO14040:2006、ISO14044:2006的要求确定研究范围(包括系统边界、取舍原则、环境影响类型、数据质量要求、软件与数据库等),收集该产品生产过程数据,建立其“从摇篮到大门”(从资源开采到产品出厂)的生命周期模型,完成气候变化(Climate Change, GWP)、初级能源消耗(Primary energy demand, PED)、水资源消耗(Resource Depletion - water, WU)、酸化(Acidification, AP)、非生物资源消耗潜值(Abiotic Depletion Potential, ADP)、富营养化(Eutrophication, EP)、可吸入无机物(Respiratory Inorganics, RI)共7种指标的计算和清单数据分析。

通过eFootprint软件系统,建立河湖底泥标准砖的生命周期模型,计算得到三种标准砖的LCA结果见表1。为直观地进行对比,以河湖底泥标准砖为基

准作图 9,由图可知,河湖底泥标准砖的 GWP、PED、WU、AP、ADP 和 EP 共 6 项指标结果均低于粘土实心标准砖和混凝土标准砖,即河湖底泥标准砖在这 6 项环境影响类型指标具有一定优势;其中,河湖底泥标准砖在 AP、ADP 和 EP 的优势更明显。对于 RI 指标,河湖底泥标准砖的指标结果高于粘土实心标准砖和混凝土标准砖的指标结果。

表 1 三种标准砖的 LCA 指标结果

环境影响类型指标	黏土实心标准砖	混凝土标准砖	河湖底泥标准砖
GWP/(kg CO ₂ eq)	0.49	0.49	0.4
PED/MJ	4.64	3.62	3.21
WU/kg	0.61	1.04	0.47
AP/(kg SO ₂ eq)	0.002 3	0.001 4	0.0011
ADP/(kg Sb eq)	0.000 004 8	0.000 008 3	0.000 003 3
EP/(kg PO ₄ ³⁻ eq)	0.000 13	0.000 17	0.000 073
RI/(kg PM _{2.5} eq)	0.001 3	0.000 5	0.001 7

3.2 3E 多目标耦合评价

目前,LCA 与 LCC 集成研究的一种重要思路是在全生命周期思想基础上统一 LCA 与 LCC 的各项功能,得到能源、环境及经济的综合效益及相互重要度关系,如图 10 所示。将生命周期评价应用于决策分析中,可以成为解决能环境、经济三者不可公度性及矛盾性的一种有效手段。鉴于此本文采用层次分析法,针对 1 块河湖底泥标准砖进行 3E(能源-经济-环境)多目标耦合评价,以期在实际技术研究和生产工艺中提供决策建议。

表 2 河湖底泥砖生命周期评价结果

目标层	准则层		指标层			
	一级指标	工程评价结果	二级指标	LCA 评价结果	权重	工程评价结果
综合效益 1.2	环境	4.1×10^{-2}	AP	$1.1 \times 10^{-3} / (\text{kg SO}_2 \text{ eq} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.11	1.2×10^{-4}
			EP	$7.3 \times 10^{-5} / (\text{kg PO}_4^{3-} \text{ eq} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.16	1.2×10^{-5}
			GWP	$4.0 \times 10^{-1} / (\text{kg CO}_2 \text{ eq} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.35	1.4×10^{-1}
			RI	$1.7 \times 10^{-3} / (\text{kg PM}_{2.5} \text{ eq} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.38	6.5×10^{-4}
	经济	6.4×10^{-2}	工程投资(工程寿命 30 a)	$2.5 \times 10^{-2} / (\text{元} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.44	1.1×10^{-2}
			经营成本	$2.9 \times 10^{-1} / (\text{元} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	0.56	1.6×10^{-1}
	能源	1.1	PED	$3.2 / (\text{kg Coal-R eq} \cdot 1 \text{ 块河湖底泥标准砖}^{-1})$	1	3.2

由评价结果可知,在一级指标中能源指标对于综合效益影响最大,在二级指标中 GWP 对环境指标影响最大,经营成本对经济指标影响最大。鉴于此,建议在技术研究中,可以通过选用高效催化剂、优化生产控制条件等方式,降低能耗;在企业生产过程中,可以通过清洁生产、节能审计等方式,进一步加

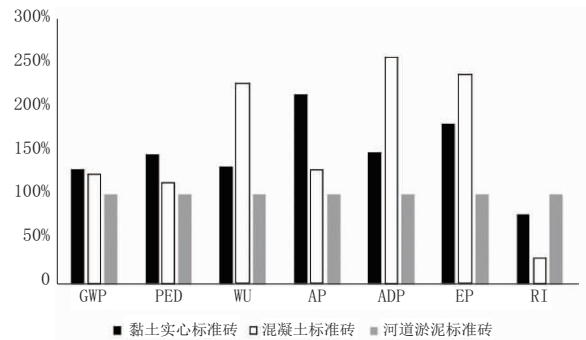


图 9 三种标准砖的 LCA 指标对比

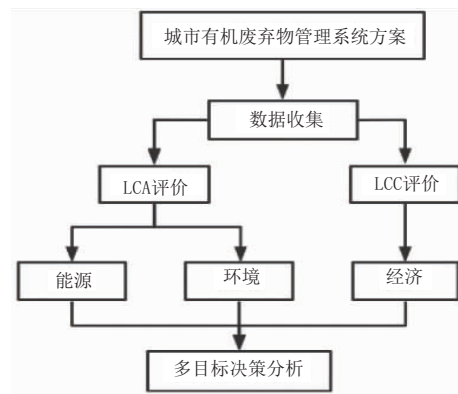


图 10 生命周期能源-环境-经济 3E 多目标耦合评价模型

基于层次分析法对评价系统进行层次模型构建,主要分为目标层、准则层、指标层三个层次,根据不同准则的评价要求,在各准则层下设定不同的二级指标进行综合评价。其中,层次分析法被用于表中各层指标间权重的确定,基于本项目的清单数据及评价指标权重因子,集成方法评价指标体系的评价结果见表 2。

强节能减排,降低能源消耗带来的环境影响。

4 应用效果评价

针对本项目中河湖底泥水热制标准路面砖(240 mm × 115 mm × 53 mm)生产线进行经济效益计算,每吨路面砖毛利润可达 21.2 元,除却各类固

废的处置补贴费,河湖底泥制成路面砖的成本亦低于市场销售价格,可获得较高盈利率以平衡前端的河湖底泥处理费用。此外,在满足混凝土路面砖的各类性能要求前提下,可以通过价格优势与混凝土路面砖竞争,市场前景广阔。

河湖底泥属于固体废弃物,其中含有病原菌、重金属以及难降解的有机化合物。此外河道淤泥中含有多种微生物,包括藻类、真菌类、细菌类、病毒等。根据《固体废物腐蚀性测定玻璃电极法》(GB/T 15555.12—1995)、《固体废物 22 种金属元素的测定电感耦合等离子体发射光谱法》(HJ 781—2016)、《固体废物汞、砷、硒、铋、钨的测定微波消解/原子荧光法》(HJ 702—2014)、《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别(附录 H)》(GB 5085.3—2007)、《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别(附录 K)》(GB 5085.3—2007)等标准对河湖底泥水热固化前后的放射性和毒性进行浸出毒性检测,检测技术方法和结果见表 3。从测

试结果中可以看出,从上海浦东某河道两处采样地点分别采取的河湖底泥中部分重金属超标,其中镉、铅、锌和铜的含量无法满足还林还田利用标准,甚至镍、苯并(a)芘达到了危废认定标准,可见河湖底泥有着一定毒性,必须对其无害化才可以利用。经过水热固化后,各种重金属离子和有毒有机物的含量均显著降低,全部达到了还田利用的标准。这是由于水热固化技术的反应温度在 200℃左右,完全可以灭活病原体微生物,且有利于大分子有机物的分解,减少自身毒性;另一方面,水热固化生成的托勃莫来石和方沸石具有笼形结构,可以将重金属离子固定在器内部,有效地降低了重金属离子的浸出率,同时托勃莫来石晶相的生成可增加固化体强度,有利于产品性能指标的达成^[8]。可见,水热固化技术可以无害化地将河湖底泥转变为道路工程产品,且不存在建设过程中所产生的河湖底泥堆放占用土地导致环境污染的问题。

表 3 河湖底泥浸出毒性检测

检测项目 / (mg·kg ⁻¹)	还田利用标准	还林利用标准		危废判定 标准	上海浦东某河道河湖底泥检测		底泥固化体检测	
		III 级	IV 级		样一	样二	样一	样二
pH	pH>7.5	pH>6.5	pH>6.5	—	8.06	7.97	12.48	12.24
镉	≤200	≤400	≤600	≤1 000	180	466	<0.01	<0.01
铅	≤350	≤250	≤400	≤150	163	302	<0.03	<0.03
铬	≤190	≤150	≤220	≤50	67	67	<0.02	0.03
铜	≤300	≤500	≤800	≤1 000	337	578	<0.01	0.01
镍	≤240	≤450	≤530	≤50	1 730	15.2	<0.02	<0.02
锌	≤0.8	≤1.2	≤2	≤10	1.38	0.28	0.02	0.01
砷	≤20	≤35	≤45	≤50	18.3	4.69	0.000 32	0.000 2
汞	≤1	≤1.5	≤2	≤1	0.382	0.329	0.000 05	0.000 02
六六六总量	≤0.1	—	—	≤5	ND	ND	0.01	0.01
滴滴涕总量	≤0.1	—	—	≤1	ND	0.006	<0.005	<0.005
苯并[a]芘	≤0.55	—	—	≤0.3	0.23	0.44	<0.3	<0.3

大量的河湖底泥被清除后,河湖水体明显得到改善,防止水质富营养化,实现生态系统良好循环。河湖底泥在资源化产品中的掺量可达 50%以上,而随着工程建设不断消耗,该资源化过程同样具备可持续性。此外,河湖底泥制路面砖具备的强度和物理性能完全可以替代混凝土路面砖使用,大大降低砂石骨料和混凝土的用量,减少矿石开采。

河湖底泥资源化绿色道路产品的应用可消纳大量底泥原料,解决其堆放占用城市土地、污染环境等问题。整个生产过程消化淤泥、变废为宝、节能省土、保护环境,为全面综合治理河湖底泥摸索出一条切实

可行、有效的途径,同时可为当地环保事业的发展和城市建设提供可靠的后期支撑。从可持续发展和循环经济发展的角度来看,此生产流程可带动传统建材和环保产业的发展,具有较好的社会效益。

5 结 论

本文依托 G15 嘉浏段拓宽改建工程,进行了河湖底泥资源化产品应用的系统研究,包括路面砖、路缘石、排水构造物、护坡砌块等,结合其生产工艺、性能指标设计,提出了基于河湖底泥资源化产品应用的绿色道路建设技术,可为城市河道生态建设提供

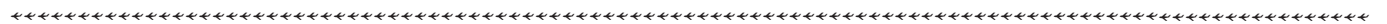
借鉴。通过河湖底泥制标准砖与传统粘土实心标准砖和混凝土标准砖的生命周期评价对比,河湖底泥制标准砖在GWP、PED、WU、AP、ADP和EP共6项环境影响类型指标均具有一定优势,表明其在各项性能指标达到规范要求的前提下,可完全代替传统砖应用到道路工程中。水热固化技术可显著降低河湖底泥的重金属离子和浸出毒性,达到还田利用标准,有效解决了城市淤泥的堆放、处置难题,且底泥制资源化产品的利润可观,在实际工程应用中取得了显著的经济、环境和社会效益。

参考文献:

[1] 林强. 黑臭水体底泥化学稳定技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学,

2019.

[2] 李宝磊,刘舒,曾乐,等.我国河道底泥资源化利用技术现状[J].科技创新与应用,2020(2): 156-157.
 [3] 黄伟,汪贵成.城市江河湖泊生态清淤及泥沙固化施工关键技术研究与应用[J].中国水能及电气化,2021(12): 38-40,45.
 [4] 刘军武,方迎春,傅晓华,等.基于资源化利用的河湖淤泥生态治理技术研究[J].当代化工研究,2021(23): 71-73.
 [5] JTG D30—2015,公路路基设计规范[S].
 [6] 刘勇超,陈春,陈振中,等.基于LCA的废弃黏土砖再生利用的环境影响评价[C].中国环境科学学会2021年科学技术年会——环境工程技术创新与应用分会场论文集(三),2021: 662-669.
 [7] 贾伟东,殷娇娇.河道底泥中的重金属分析及其制砖研究[J].环境科技,2017,30(2):4.
 [8] 冉献强,景镇子,潘晓辉,等.黄河淤积泥沙性质分析及水热固化泥沙初探[J].材料导报,2010(S1): 442-445,449.



《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com