

DB3207

连 云 港 市 地 方 标 准

DB3207/T 2012—2023

沿海港口淤泥与工业废渣资源复合固化利用技术规程

Technical regulations for composite solidification and utilization of
dredged sediment and industrial waste resources at coastal ports

2023-10-24 发布

2023-12-01 实施

连云港市市场监督管理局 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 原材和配比 2

5 性能要求 5

6 试验方法 5

7 施工 7

8 环境安全 10

9 监测与检测 10

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由连云港港口集团有限公司提出。

本文件由连云港市交通运输局归口并组织实施与监督。

本文件起草单位：连云港港口集团有限公司、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、连云港市交通运输综合行政执法支队、江苏筑港建设集团有限公司、南京工业大学、连云港港口工程设计研究院有限公司、连云港港口建筑安装工程有限公司、连云港建港实业有限公司、连云港港口维修工程有限公司。

本文件主要起草人：胡永涛、付怀合、关云飞、周玉喜、陈兆坤、黄英豪、高兆福、鲍尤智、曹依华、蒋凯杰、徐锴、刘强、程明、杨华东、王美玲、刘冬、华苏东、任义扬、丛建、程达、于飞敏、李前元、魏海滨、黄洋、陈红洋、周金学、陈海波、吴志强、任杰、韩迅、何洪升、卢安全、赵浩宇、金佳佳、傅明洋、顾扬。

沿海港口淤泥与工业废渣资源复合固化利用技术规范

1 范围

本文件规定了沿海港口淤泥与工业废渣资源复合固化利用技术的原材和配比、性能要求、试验方法、施工、环境安全和监测与检测的要求。

本文件适用于连云港市辖区内港口工程填料的设计、施工和质量检验，其它地区有类似工程时可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 3095 环境空气质量标准

GB/T 12801 生产过程安全卫生要求总则

GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准

GB 14554 恶臭污染物排放标准

GB 16297-1996 大气污染物综合排放标准

GB/T 17141 土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法

GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 21372 硅酸盐水泥熟料

GB/T 30760-2014 水泥窑协同处置固体废物技术规范

GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

GB 36600-2018 土壤环境 质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 50279 岩土工程基本术语标准

GB/T 50123-2019 土工试验方法标准

JTS 147 水运工程地基设计规范

JTS 168 港口道路与堆场设计规范

HJ 680 土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法

HJ 780 土壤和沉积物 无机元素的测定 波长色散 X 射线荧光光谱法

HJ 962 土壤 pH 值的测定 电位法

3 术语和定义

GB/T 50279、JTS 168 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固化材料 solidification material

用于同固废材料拌合，以改善淤泥和固废材料特性的加固材料。本文件中具体指碱渣、矿粉、粉煤灰及煤电、冶金固废基无机胶凝材料、催化剂等一种或者多种复合。

3.2

催化剂 catalyst

激发固化材料活性的添加剂。

3.3

复合固化土层 solidified soil layer

固废材料与固化材料经拌和、摊铺、碾压、养护后形成的高强度和低压缩性的回填料。

4 原材和配比

4.1 原料

4.1.1 淤泥

4.1.1 淤泥

开展设计、施工工作之前，应针对待处理的淤泥场地进行调查和取样。综合利用前，应开展固危物特性鉴别，排除危险废物，并按照属性的环境管理要求综合利用，同时污染物控制指标及限值应满足表 1 要求，理化指标及限值应满足表 2 要求。

表 1 淤泥污染物控制指标及限值

序号	必检控制指标	总量 mg/kg	检测标准
1	砷	60	HJ 680
2	镉	65	GB/T 17141
3	铬（六价）	5.7	HJ 780
4	铜	18000	HJ 780

5	铅	800	HJ 680
6	汞	38	HJ 780
7	镍	900	HJ 780

表 2 淤泥理化指标及限值

序号	理化指标	限值	检测标准
1	PH	≥ 6.5	HJ 962
2	含水率/%	$\leq 120\%$	GB/T 50123-2019 第 5 章

4.1.2 铁矿尾泥

开展设计、施工工作之前，应对铁矿尾泥的来源、生产工艺等进行了解，分析铁矿尾泥的相关物理、力学和环境指标。综合利用前，应开展固危物特性鉴别，排除危险废物，并按照属性的环境管理要求综合利用，同时污染物控制指标及限值应满足 GB 36600-2018 规定的第二类用地要求，理化指标及限值应满足表 3 的要求。

表 3 铁矿尾泥理化指标及限值

序号	理化指标	限值	检测标准
1	最大颗粒粒径	5mm	GB/T 50123-2019 第 8 章
2	含水率/%	$\leq 80\%$	GB/T 50123-2019 第 5 章

4.2 固化材料

4.2.1 碱渣

4.2.1.1 碱渣主要来源于氨碱法生产纯碱过程中排放的废渣。综合利用前，应开展固危物特性鉴别，排除危险废物，并按照属性的环境管理要求综合利用。

4.2.1.2 碱渣最大粒径宜超过 300mm。

4.2.2 矿粉

4.2.2.1 矿粉主要来源于高炉冶炼生铁时所得到的熔融物经水淬成粒研磨后所得的工业固体废渣。

4.2.2.2 矿粉作为固化材料时应测定活性成份种类及含量、比表面积、粒度分布等指标，并测定硫化物等指标。

4.2.2.3 矿粉宜参照 GB/T 18046 中的技术要求，选用应不低于 S90 级别。

4.2.3 粉煤灰

4.2.3.1 粉煤灰主要来源于燃煤火力发电的副产品。

4.2.3.2 粉煤灰作为固化材料时应测定活性成份种类及含量、比表面积、粒度分布等指标，并测定重金属等物质的种类和含量。

4.2.3.3 粉煤灰应符合 GB/T 1596 中的要求，选用应不低于 II 级。

4.3 催化剂

4.3.1 催化剂起激发固化材料活性的作用，针对不同的固化材料采用不同型号的催化剂，催化剂组成成分中不得含有有毒物质。

4.3.2 液体催化剂溶液的固体含量应不大于 3%，应不出现沉淀或絮凝现象。

4.4 拌和水

4.4.1 当固化材料需要制成浆液时，需要首先将固化材料用水拌和，并应根据不同固化材料的反应特性，选择合理的添加顺序。

4.4.2 根据复合固化土使用场景的不同，拌和水宜使用淡水，如使用海水作为拌和水，应考虑盐分含量和 pH 值对固化效果的影响。

4.4.3 拌合水 pH 值宜不小于 6.5。

4.5 配比

4.5.1 应根据复合固化土的目标用途进行室内配合比试验设计，确定固化基材与催化剂施工配合比。

4.5.2 进行室内配合比试验时，应根据复合固化工程设计指标参数，宜采用单因素试验、正交试验方案等综合确定固化材料配合比。

5 性能要求

5.1 物理、力学性能

复合固化土的基本物理、力学性能指标要求见表 1。

表 4 物理、力学性能

序号	项目	指标
1	无侧限抗压强度（28d）	≥ 150 kPa
2	压缩性（28 d）	压缩系数 $a_{100-200} \leq 0.5$ MPa^{-1}
3	渗透性（28 d）	渗透系数 $k \leq 10^{-4}$ cm/s
4	重金属浸出	满足 GB/T 30760-2014 中第 8 章规定
5	压实度	$\geq 80\%$

5.2 应用控制指标

5.2.1 钢结构、钢筋混凝土建（构）筑物附近不宜直接回填复合固化土，需要回填时，应进行研究论证。

5.2.2 复合固化土作为堆场回填料时宜采用承载力和沉降变形作为控制指标；当采用压实度、承载比、回弹模量作为指标时，宜通过现场试验确定。

5.2.3 复合固化土作为堆场回填料时地基承载力特征值和沉降变形应满足设计使用要求。集装箱重箱堆场堆五层及以上时应大于等于 150 kPa，其他情况时应不小于 80 kPa。

5.2.4 复合固化土作为路基回填使用时，宜采用压实度作为控制指标；当采用无侧限抗压强度、承载比、回弹模量作为指标时，宜通过现场试验确定。

6 试验方法

6.1 无侧限抗压强度、压缩性、渗透性、抗剪强度、耐久性等试验应按照 GB/T 50123 规定执行。

6.2 复合固化土可浸出重金属含量测定应按照 GB/T 30810 规定的方法进行，其中样品制备应按照 GB/T 21372 规定执行。

6.4 承载力计算

6.4.1 淤泥和工业废渣复合固化场地应计算上部硬壳层承载力和下卧层承载力。

6.4.2 上部硬壳层承载力特征值应通过静载荷试验确定。初步设计时可按照式（6.1）估算：

$$f_a = \eta f_{cu} \quad (6.1)$$

式中：

f_a ——上部硬壳层承载力特征值（kPa）；

η ——强度折减系数，取 0.60~0.85，当土体与固化剂搅拌均匀性好时取高值，具体可根据试验确定；

f_{cu} ——在标准养护条件下，按设计配合比得到的 90 d 龄期试块无侧限抗压强度平均值（kPa）。

6.4.3 对于存在软弱下卧层的场地，应按式（6.2）进行下卧层承载力验算：

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (6.2)$$

式中：

p_z ——相应于荷载效应标准组合时，软弱下卧层顶面处的附加压力值（kPa）；

p_{cz} ——软弱下卧层顶面处土的自重压力值 (kPa)；

f_{az} ——软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力特征值 (kPa)。

6.4.4 固化场地为矩形基础或条形基础时，其附加应力应按式 (6.3) 和 (6.4) 进行计算，并进行下部土体的承载力验算。

$$p_z = \frac{bl(p_k - p_c)}{(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)} \quad (6.3)$$

$$p_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2z \tan \theta} \quad (6.4)$$

式中：

b ——堆场地基底面宽度 (m)；

l ——堆场地基底面长度 (m)；

p_k ——相应于荷载效应标准组合时，堆场地基底面处的平均压力设计值 (kPa)；

p_c ——路基或基础底面处的自重应力 (kPa)；

z ——固化层的厚度 (m)；

θ ——固化层压力扩散角 (°)，取 $28^\circ \sim 45^\circ$ ，无试验资料时取值宜通过试验确定。

6.5 变形计算

6.5.1 场地变形量应包括复合固化土层的压缩变形和下卧土层的压缩变形。

6.5.2 复合固化土层的压缩变形可按式 (6.5) 计算：

$$s = \frac{(p_{z1} + p_{z2})z}{2E_p} \quad (6.5)$$

式中：

s ——复合固化土层变形量 (m)；

p_{z1} ——复合固化土层顶部附加应力 (kPa)；

p_{z2} ——复合固化土层底部附加应力 (kPa)；

E_p ——复合固化土层压缩模量 (kPa)。

6.5.3 下卧软土层的压缩变形可参照 JTS 147 分层总和法进行计算。

6.5.4 计算深度应满足式(6.6)的要求。

$$\sigma_z = 0.1\sigma_c \quad (6.6)$$

式中：

σ_z ——计算深度处地基垂直附加应力设计值(kPa)；

σ_c ——计算深度处地基自重压力设计值(kPa)。

6.6 稳定性计算

堆场应进行整体稳定性验算。稳定性计算可采用圆弧滑动法进行计算，复合固化土的抗剪强度可采用现场试验固化土 90d 原状试件测得的无侧限抗压强度值的 1/2，也可采用按照设计配合比由室内制备的 90d 复合固化土试件测得的无侧限抗压强度的 30%。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 复合固化施工应具备下列资料：

- a) 岩土工程勘察报告；
- b) 复合固化工程设计施工图；
- c) 复合固化工程施工组织方案或专项施工方案；
- d) 施工区域和邻近区域的环境条件等调查资料。

7.1.2 施工中固化基材用量、出料时间和场地高程、范围等数据应及时记录。

7.1.3 施工前应清除场地杂物、排干积水、挖除软弱夹层、整平场地，应做好固化设备检查和调试工作，并应准备好固化基材、催化剂、拌合水、淤泥等材料。

7.2 工艺性试验

7.2.1 港口淤泥与工业废渣复合固化在无工程经验的地区使用时，应开展工艺性试验。

7.2.2 根据室内配合比试验成果，开展现场工艺性试验，确定淤泥与工业废渣复合固化的最佳配合比、施工方法、施工参数和施工工艺。

7.2.3 应充分总结试验段成果，确定最终施工配合比和施工工艺，为大面积施工提供技术依据。

7.2.4 工艺性试验步骤为：

- a) 根据设计确定的复合固化土配合比要求，选取典型地段进行试验，单个配合比试验地段不小于 100 m²；

- b) 对复合固化土进行相应的试验检测，各项技术指标应符合设计的要求；
- c) 通过试验段的总结，确定最终施工配合比和施工工艺，为大面积施工提供技术依据；
- d) 根据试验工程调整施工组织设计或施工方案。

7.3 工序

工序流程见图 1。

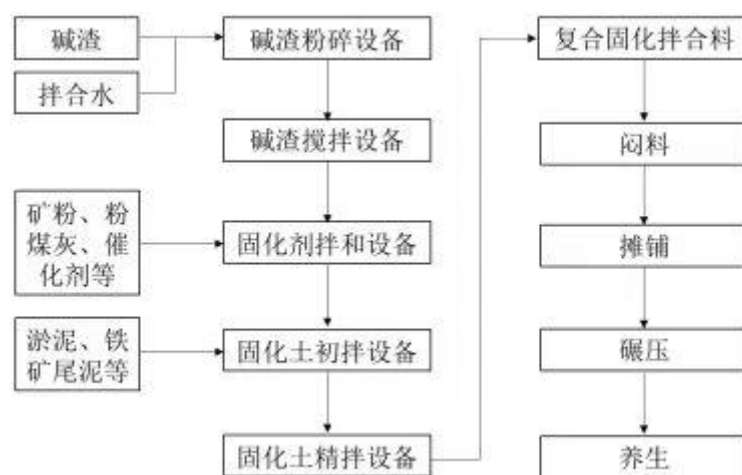


图 1 工序流程图

7.4 材料准备

7.4.1 碱渣应通过搅拌设备和粉碎设备进行破碎和制浆。

7.4.2 碱渣粉碎设备应具备粉碎小块碱渣和石子的功能，宜采用卧式设备，直径宜选用 0.5 m~0.8 m、转速为 800 r/min~1000 r/min。碱渣粉碎后粒径宜为 1 mm~2 mm。

7.4.3 碱渣搅拌设备应具备初步破碎、滤除较大石块的功能，宜采用立式设备，直径宜选用 1 m~2 m、转速 60 r/min~100 r/min。

7.4.4 碱渣浆液与矿粉、粉煤灰等其他固化基材通过固化剂搅拌设备进行拌和，直径宜选用 1.5 m~2.5 m、转速 60 r/min~80 r/min。

7.4.5 淤泥与工业废渣复合固化应通过初拌设备和精拌设备分级进行。

7.4.6 初拌设备宜选为 1 m³~3 m³ 双卧轴强制式搅拌机，具备固化剂喷浆功能，并应配有电子称量系统，称量精度为±5%。

7.4.7 精拌设备由接料漏斗、搅拌桶、搅拌装置、卸料口等组成，搅拌桶直径宜为 0.8 m~1.5 m，搅拌装置宜选用 3~4 层倾斜较刀，切割拌合料的平均厚度应小于 2 mm。

7.4.8 复合固化拌合料可通过皮带机输送，固化材料生产与拌合设备宜配备智能控制系统。

7.5 拌和

7.5.1 按设计要求的配合比，宜采用集中厂拌法进行拌和。

7.5.2 淤泥与工业废渣初拌时间宜不低于 20 s，精拌时间宜不低于 20 s，搅拌至均匀状态。

7.5.3 当采用粉状固化剂或原位拌和工艺时，应采取抑尘措施。

7.6 闷料

7.6.1 复合固化土应在指定区域进行闷料，闷料时应覆盖土工布等透气透水材料，雨天应做好防雨措施。

7.6.2 夏季闷料时间一般为 2d~4d，冬季闷料时间宜延长为 7d~10d。

7.7 摊铺

7.7.1 复合固化料宜采用摊铺机或平地机等机械设备进行摊铺，对无法使用摊铺设备摊铺的，宜采用人工配合挖掘机同步进行摊铺，并同时碾压成型。

7.7.2 复合固化料摊铺应分层进行摊铺，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不少于 250 mm，宜不大于 400 mm。

7.8 碾压

7.8.1 摊铺完成后宜选用合适的振动压路机、三轮光碾胶轮压路机、胶轮压路机进行碾压，安排专人指挥，不能漏压。

7.8.2 先采用振动压路机稳压 1 遍~2 遍，然后再振动碾压 3 遍~4 遍，再用三轮光碾碾压 1 遍~2 遍，最后由胶轮压路机碾压 1 遍~2 遍。

7.8.3 稳压阶段碾压速率应控制在 1.5 km/h 左右，振动碾压速率应控制在 2 km/h 左右，光面阶段碾压速率应控制在 2.5 km/h 左右。碾压机械起步和制动应做到慢速启动，慢速刹车。

7.8.4 碾压时应先通过洒水方式处理横向硬接头，横向硬接头应通过横压来保证平整度。横压可通过稳压和微振实现，稳压和微振前后要错开半米。

7.8.5 碾压搭接应符合设计要求，并应遵循从一端向另一端蛇形循环往复规则。

7.8.6 碾压的平整度应在 20 mm 以内，在碾压过程中应及时检查及时处理。

7.8.7 **严禁**压路机在已完成或正在碾压的路段上调头和急刹车，压路机不可以停放在未压实的路段上。

7.9 养护

7.9.1 碾压完成后应进行表面养护，养护期一般为 5d~7d。

7.9.2 养护时如遇雨天宜在场地表面铺设塑料薄膜。干燥天气条件时，应进行洒水养护，保持表面湿

润。气温低于零度时，应覆盖草包进行保温养护，并延长养生期至 7d~10d。

7.10 施工过程检测

7.10.1 施工单位应对进场的材料抽样检验，形成检验报告。

7.10.2 施工单位和监理单位应检查试验资料和施工记录。复合固化土层的强度应满足设计要求。施工单位按施工段抽样检验，监理单位见证取样并按规定抽样平行检验，形成检验报告。

7.10.3 复合固化土层允许偏差、检验数量和方法应符合表 3 的规定。

表 3 复合固化土层允许偏差、检验数量和方法

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验数量	检验方法
1	平整度	20	每 100 m ² 一处	用 2 m 靠尺和塞尺测量
2	厚度	±10		钻孔测量
3	标高	+5 -15		用水准仪按 10 m 方格网测量

8 环境安全

8.1 复合固化土生产过程安全卫生管理应符合 GB/T 12801 的规定。

8.2 作业区应有良好的通风条件。

8.3 作业区环境噪声排放应符合 GB 12348 的规定，恶臭排放应符合 GB 14554 的规定，总悬浮颗粒物应符合 GB 16297 和 GB 3095 规定。

8.4 工作人员应进行劳动安全与职业卫生培训，应穿戴必需防护用品，定期进行健康检查。

8.5 复合固化土重金属浸出液检测应满足 GB 30760-2014 中第 8 章规定。

8.6 依法应当编制环境影响评价报告书或环境影响评价表时，建设单位应在开工建设前将环境影响评价报告书、环境影响评价表报有审批权的环境保护行政主管部门审批。

9 监测与检测

9.1 监测

9.1.1 复合固化工程监测主要进行变形监测，包括地表沉降监测、表层水平位移监测。

9.1.2 地表沉降监测点宜布置在堆场内，并随堆场填筑而加高，每 10000 m²布置 5 点~10 点。

9.1.3 复合固化土施工区域存在土体或构筑物水平方向位移时，需进行表层水平位移监测。表层水平位移监测宜布置在堆场周边，间距 50 m~100 m。

9.1.4 堆场堆载后每半年观测 1 次，沉降及水平位移变形稳定后可停止观测。

9.2 工艺性试验效果检测

9.2.1 复合固化土层厚度检测可采用钻孔法，单个试验地段不少于 3 点。

9.2.2 复合固化土强度检测可通过现场取芯、静力触探或标准贯入试验，现场取芯试验宜进行抗压强度等试验。现场取芯宜在固化施工后 28 d 进行，试件制备宜在取芯后 48 h 内完成，然后养护至设计龄期开展抗压强度等试验。现场取芯试验单个试验地段不少于 3 组，静力触探或标准贯入试验单个试验地段不少于 3 点，试验方法应满足 GB/T 50123 的相关规定。

9.2.3 复合固化土承载力可通过现场载荷板试验确定，单个试验地段应不少于 1 点。

9.3 工程检测

9.3.1 复合固化土强度采用现场取芯试验、静力触探或标准贯入试验进行。现场取芯宜在固化施工结束后 28 d 进行，试件制备宜在取芯后 48 h 内完成。养护至设计龄期后，进行抗压强度试验检测。每 20000 m² 不少于 3 点。

9.3.2 复合固化土承载力采用静载荷板试验进行。静载荷试验宜在固化施工结束后 28 d 进行。每 50000 m² 不少于 1 点，单个评价单元不少于 3 点。

9.4 布点原则

布点应符合规范要求，具有代表性。
