



团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—2024

河湖固化淤泥生态护坡技术规范

Technical specification for ecological protection of
solidified river-lake silt

(征求意见稿)

2024-xx-xx 发布

2024-xx-xx 实施

中国科技产业化促进会 发布
中国标准出版社 出版

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 基本规定 2

5 材料及性能 2

 5.1 河湖淤泥 2

 5.2 淤泥固化剂 3

 5.3 淤泥固化土 3

6 设计 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 结构形式 4

 6.3 植物物种选择与群落构建 7

7 施工 8

 7.1 一般规定 8

 7.2 覆土压实施工工艺 8

 7.3 喷播施工工艺 9

 7.4 植物种植及养护 9

8 质量检测 9

 8.1 一般规定 9

 8.2 固化剂检测 9

附录 A（资料性）冲刷试验方法 11

附录 B（资料性）抗水解试验方法 13

附录 C（资料性）水稳定性试验方法 14

附录 D（资料性）植物生长试验 15

参考文献 16

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。

本文件由中建安装集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：中建安装集团有限公司、XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

河湖固化淤泥生态护坡技术规范

1 范围

本文件提出了河湖固化淤泥生态护坡技术的运用，保障生态护坡施工质量，统一质量检验，规定了材料及性能、设计、施工、质量检测的要求。

本文件适用于河湖固化淤泥生态护坡的设计、施工和质量检验，用于建设生态防护的河湖淤泥不应属于GB 5085.3认定的具有危险特性的固体废物，采用河湖淤泥建设生态防护的河道平均流速不宜大于4 m/s。护坡工程的设计应因地制宜的选择技术参数，护坡绿化品种选择以本土植物为主。河湖固化淤泥生态护坡技术除应符合本文件外，尚应符合国家、行业和技术应用地区现行有关标准的规定。

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 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 6142 禾本科草种子质量分级
- GB 7466 水质 总铬的测定
- GB 7475 水质 铜、锌、铅、镉的测定 原子吸收分光光度法
- GB 7485 水质 总砷的测定 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法
- GB 7908 林木种子质量分级
- GB 11912 水质 镍的测定 火焰原子吸收分光光度法
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB/T 50145 土的工程分类标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- CJ/T 526 软土固化剂
- HJ 597 水质 总汞的测定 冷原子吸收分光光度法
- HJ 745 土壤 氰化物和总氰化物的测定 分光光度法
- SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
- LY/T 1215 森林土壤水分-物理性质的测定
- LY/T 1228 森林土壤氮的测定
- LY/T 1232 森林土壤磷的测定
- LY/T 1234 森林土壤钾的测定
- LY/T 1237 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算
- LY/T 1251 森林土壤水溶性盐分分析

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固化淤泥 solidified silt

在淤泥中加入一定量的外掺剂，改善淤泥土的物理力学性能，以满足不同工程需要。

3.2

细粒河湖淤泥 fine-grained river and lake silt

粒径 ≤ 0.075 mm的粒组含量大于50%的河湖淤泥。

3.3

砂粒河湖淤泥 sandy river and lake silt

粒径 > 0.075 mm的粒组含量大于50%的河湖淤泥。

3.4

固化土生态护坡 solidified soil ecological slope protection

为了实现河湖边坡长期稳定，改善河湖边坡的生态系统而利用固化土结合植物的措施进行护坡的技术。

3.5

覆土压实施工工艺 construction technology of soil covering and compaction

根据设计尺寸和配合比，将固化剂均匀摊铺在河湖淤泥表面，采用机械充分搅拌、成型、养护后形成生态护坡结构的施工方法。

3.6

喷播施工工艺 spraying construction technology

将固化剂、河湖淤泥、种子按比例配置成混合泥浆，将混合泥浆喷射到坡面形成一定厚度的固化土层的施工方法。

4 基本规定

4.1.1 固化土生态防护材料、设计、施工等环节应符合尊重自然、因地制宜、就地取材、经济适用、环保高效的原则。

4.1.2 应根据工程区域气候、水文、地形、地质条件、材料来源及使用条件，采取土木工程和生态防护相结合的综合处理措施，并应考虑下列因素比较确定：

- a) 岸坡土质；
- b) 雨水冲刷；
- c) 植物生长效果、环境效应；
- d) 冻胀、干裂作用；
- e) 坡面防渗、防淘刷等需要；

5 材料及性能

5.1 河湖淤泥

5.1.1 河湖淤泥根据级配组成分为两类：细粒河湖淤泥和砂粒河湖淤泥。

5.1.2 河湖淤泥不应混有树枝、砖块等大体积杂物，粗粒料最大粒径不宜大于30 mm。

5.1.3 粒径测定应按照GB/T 50123规定的颗粒分析试验方法执行，颗粒粒组划分应按照GB/T 50145执行。

5.2 淤泥固化剂

- 5.2.1 淤泥固化剂材料可选用无机固化材料和有机固化材料。无机固化材料宜选用水泥、粉煤灰、石灰、偏高岭土、工业废渣等；有机固化材料宜选用绿色环保材料如：黄原胶、聚醋酸乙烯酯、聚氨酯等。
- 5.2.2 淤泥固化剂根据使用状态分为两类：液体淤泥固化剂和粉体淤泥固化剂。
- 5.2.3 淤泥固化剂可根据需要选用一种或复合多种固化材料，固化材料的选用宜通过室内固化土性能及耐久性试验确定，选择经济、易获取的原料，淤泥固化剂材料的选择可参考表1进行。

表1 淤泥固化剂材料推荐表

淤泥分类	含水率范围	施工工艺	固化剂材料	固化剂状态
细粒河湖淤泥	含水率 $\leq 30\%$	覆土施工	无机/复合	粉体
	含水率 $\geq 30\%$ ， $\leq 80\%$	喷泼施工	无机/有机/复合	液体
砂粒河湖淤泥	含水率 $\leq 30\%$	覆土施工	有机/复合	粉体/液体
	含水率 $\geq 30\%$ ， $\leq 80\%$	喷泼施工	有机/复合	液体

5.2.4 淤泥固化剂物理、工艺指标及重金属允许含量应符合CJ/T 526的要求。

5.3 淤泥固化土

5.2.1 淤泥固化土物理力学性能指标应符合表2规定。

表2 固化土物理力学性能指标

序号	指标	覆土施工	喷泼施工	检测方法
1	初始含水率（重新调整） %	≤ 30	≥ 30 ， ≤ 80	GB/T 50123
2	密度 g/cm ³	≥ 1.8	≥ 1.6	GB/T 50123
3	无侧限抗压强度 28 d MPa	≥ 0.5	≥ 0.3	GB/T 50123
4	孔隙率 %	≥ 10	≥ 20	GB/T 50123
5	田间持水量 %	≥ 20		LY/T 1215
6	pH 值	5.0~8.3		GB/T 50123
7	有机质 g/kg	≥ 50		LY/T 1237
8	全盐量 %	≤ 0.12		LY/T 1251
9	水解性氮 mg/kg	≥ 90		LY/T 1228
10	有效磷 mg/kg	≥ 10		LY/T 1232
11	速效钾 mg/kg	≥ 100		LY/T 1234

5.2.2 固化土浸出液中危害成分浓度应符合表3规定。

表3 固化土浸出液指标

序号	项目	浸出液浓度限值 mg/L	检测方法
1	总汞	0.05	HJ 597-2011
2	总镉	0.1	GB 7475
3	总铅	1.0	GB 7475
4	总砷	0.5	GB 7485
5	总铬	1.5	GB 7466
6	总镍	1.0	GB 11912
7	总铜	1.0	GB 7475
8	总锌	5.0	GB 7475
9	氰化物（CN计）	0.5	HJ 745

5.2.3 固化土抗冲刷性能及水稳性应符合下列要求：

- a) 固化土的冲刷试验符合附录 A 试验要求，冲刷值不大于 200 g/(m² · h)；
- b) 固化土的抗水解试验符合附录 B 试验要求，抗水解值不小于 0.9；
- c) 固化土的水稳性符合附录 C 试验要求，水稳系数应不小于 80%。

6 设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 在进行边坡生态防护设计之前，应按GB 50330进行边坡稳定性评价。
- 6.1.2 应进行室内配合比试验，确定固化剂材料、配合比及适配度，固化土材料性能指标满足5.2内容要求；当无法满足要求时，应重新进行室内配合比试验。
- 6.1.3 生态防护坡面应根据气候条件、岩土性质、边坡高度、坡度、水文地质条件、施工条件环境保护、水土保持要求等因素，根据表4经技术经济比较后，选择适宜的防护措施。

表4 固化土生态防护技术推荐

边坡坡度/°	结构形式	施工工艺	固化土厚度/cm
缓坡（<30）	固化土生态护坡	覆土压实法	20~50
急坡（30~45）	固化土生态护坡+铺网/骨架格构固化土生态护坡	覆土压实法+喷泼施工法	20~40
陡坡（45~75）	骨架格构固化土生态护坡+铺网	喷播施工法	10~30

6.2 结构形式

6.2.1 固化土生态护坡结构平面示意图如图1，护坡结构剖面示意图如图2。

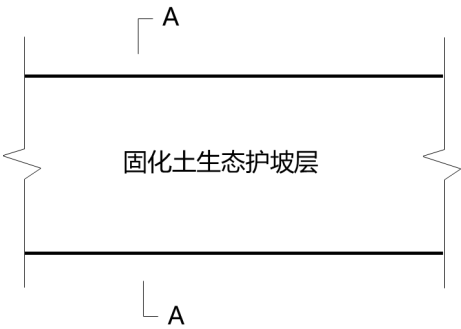
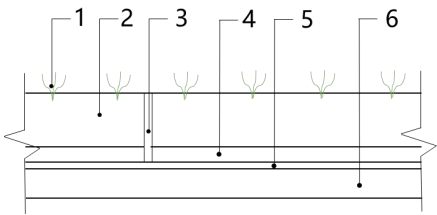


图1 固化土生态护坡结构平面图



标引序号说明:

- 1——植被;
- 2——固化土层;
- 3——排水孔;
- 4——垫层;
- 5——反滤层;
- 6——基层。

图2 固化土生态护坡结构A-A剖面图

6.2.2 固化土生态护坡层+铺网护坡结构平面示意图如图3，护坡结构剖面示意图如图4。

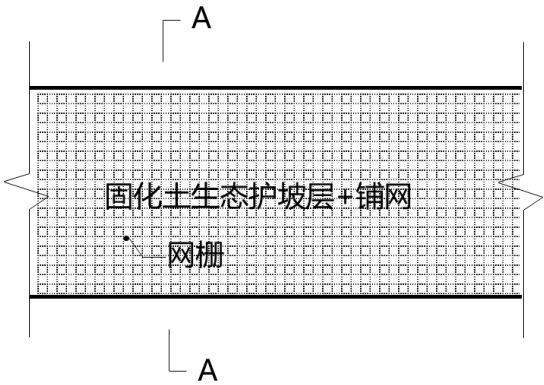
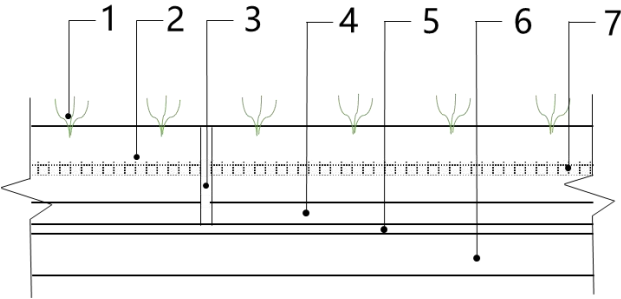


图3 固化土生态护坡层+铺网护坡结构平面图



标引序号说明：

- 1——植被；
- 2——固化土层；
- 3——排水孔；
- 4——垫层；
- 5——反滤层；
- 6——基层；
- 7——网栅。

图4 固化土生态护坡层+铺网护坡结构A-A剖面图

6.2.3 骨架格构固化土生态护坡结构平面示意图如图5，护坡结构剖面示意图如图6。

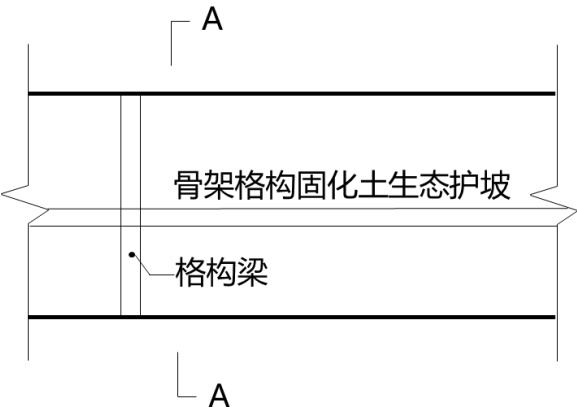
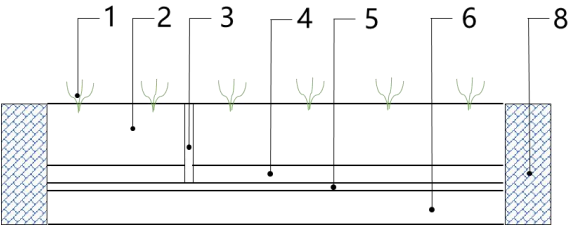


图5 骨架格构固化土生态护坡结构平面图



标引序号说明：

- 1——植被；
- 2——固化土层；
- 3——排水孔；
- 4——垫层；
- 5——反滤层；

- 6——基层；
- 7——格构梁。

图6 骨架格构固化土生态护坡结构A-A剖面图

6.2.4 骨架格构固化土+铺网护坡结构平面示意图如图7，护坡结构剖面示意图如图8。

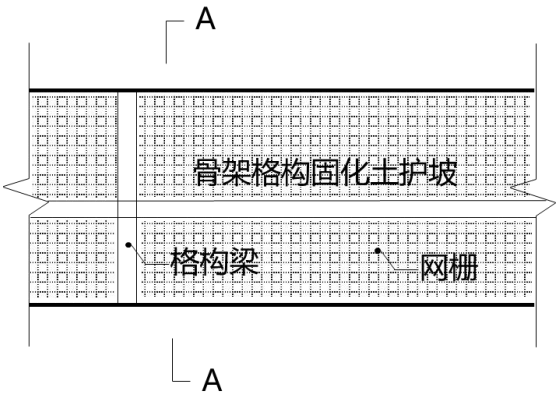
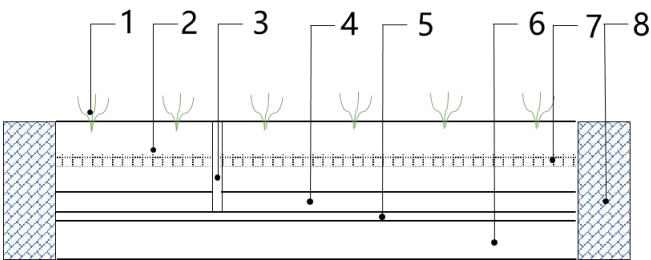


图7 骨架格构固化土+铺网护坡结构平面图



标引序号说明：

- 1——植被；
- 2——固化土层；
- 3——排水孔；
- 4——垫层；
- 5——反滤层；
- 6——基层；
- 7——网栅；
- 8——格构梁。

图8 骨架格构固化土+铺网护坡结构A-A剖面图

- 6.2.5 坡面坡比、坡面平整度、材料孔隙率、垫层、反滤层应满足SL/T 800规定要求
- 6.2.6 排水孔直径不宜小于50 mm，外倾坡度不宜小于5%，间距宜为3 m~5 m，并宜按照梅花形布置应采取措施防止排水孔堵塞。
- 6.3 植物物种选择与群落构建
- 6.3.1 植物选择与配置应从生态性、经济性、美观性等方面考虑，同时应考虑坡度、高度、朝向、岩性、周边环境等因素，确定适宜于工程所在地的乡土植物物种。

6.3.2 草的品种以根系发达，茎秆低矮，枝叶茂盛，生长力强，多年生长，耐寒、耐旱、耐贫瘠的为宜，宜采用冷季型与暖季型草混合播种。

6.3.3 植物种子应满足以下要求：

- a) 草本科植物种子质量不应低于 GB 6142 中规定的二级质量标准；
- b) 木本科植物种子质量不应低于 GB 7908 中规定的二级质量标准；
- c) 除上述规定外，未规定质量要求的植物种子应在使用前进行植物生长试验，符合附录 D 试验要求，确定种子用量后方可进行大规模的施工。

6.3.4 种子用量每平方米宜控制在25 g~45 g，并可根据发率高低，施工季节、环境、建植目标群落的不同适当增减。

7 施工

7.1 一般规定

7.1.1 固化土的施工及养护的日最低气温不应低于5℃；当昼夜平均气温超过30℃时，应采取措施保证施工质量。

7.1.2 开工前，应建立健全质量、环保、安全管理体系和质量检测体系，并对施工班组、施工人员进行岗位培训和技术与安全交底。

7.1.3 河湖淤泥固化土施工流程如图9.

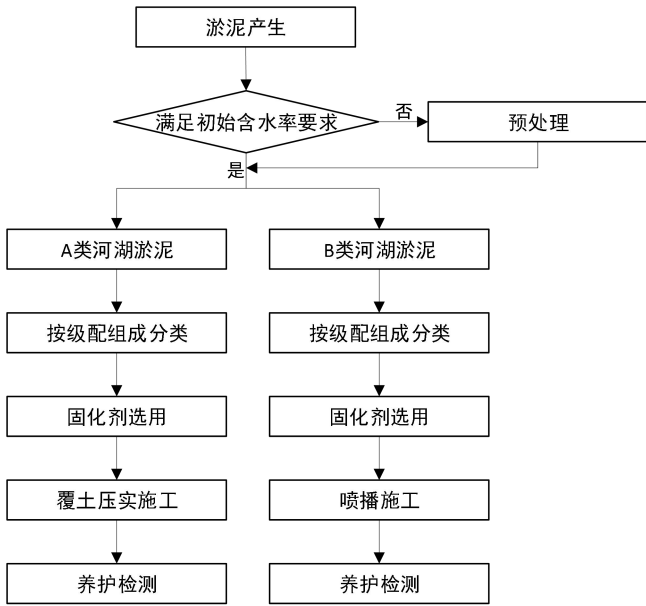


图9 总体施工流程

7.2 覆土压实施工工艺

7.2.1 覆土压实主要施工流程应包括：坡面平整、计量进料，材料摊铺，均匀拌和，铺设网栅，分区摊铺，压实、种子播种、养护等。

7.2.2 护坡施工前应进行清基和修坡处理，不得有树根、杂草、垃圾、废渣等。

7.2.3 覆土压实施工符合下列规定。

- a) 施工前，应根据护坡施工规模进行固化剂掺量的核算，并合理计算固化剂材料的堆放间距。
- b) 施工前宜选择有代表性地段进行试验，长度不应该小于 50 m。
- c) 施工段内应进行测量放线、设标桩，标出护坡边缘的设计高度。

- d) 当遇到坡面局部不平整时，可在摊铺前用土找平或局部采用固化土填充。
- e) 固化剂和淤泥的拌和应充分、均匀，混合料应按土护坡设计厚度一次摊铺成型，可采用机械或人工使其表面平整；固化剂与淤泥的拌和和摊铺成型时间不宜超过 6 h。

7.2.4 固化土护坡应在施工完成并经检查合格后，自然养护不少于7 d。

7.3 喷播施工工艺

- 7.3.1 喷播主要施工流程应包括：坡面平整、铺设网栅、固化拌和、固化土喷射、种子喷播、养护。
- 7.3.2 喷播时应控制含水率，若含水量不足，需将喷播材料及水按一定比例混合搅拌，形成均匀混合浆。
- 7.3.3 喷播应采用专门的喷播机械进行施工，主要的施工器械包括：空压机、液压喷播机、搅拌机等。
- 7.3.4 喷播施工应符合下列规定：
 - a) 开挖边坡，清理、整平至设计坡面，及时清除坡面杂质等；
 - b) 将淤泥、固化剂等按 6.1.2 节确定的比例配制，采用搅拌机拌和均匀，然后加入水进行拌和，搅拌均匀后的固化土应及时施工；
 - c) 利用喷播机将混合均匀的固化土、种子喷于坡面，从上至下按次序分一次或多次喷射。

7.4 植物种植及养护

- 7.4.1 植物种植一般采取人工直接撒播或喷播的方式。
- 7.4.2 在固化土表面种植绿化植物后，应注意观察长势，对长势不良的区域及时采取补救措施。
- 7.4.3 绿化植物种植后，应保持水分，并及时浇水，或安装滴灌系统。

8 质量检测

8.1 一般规定

- 8.1.1 项目试验、检测，应做到原始记录齐全、数据准确和资料完整。
- 8.1.2 每道工序施工完成后，施工方应进行自查，合格后方可进行下道工序。经检测不合格的，应进行返修，达到合格要求。
- 8.1.3 施工质量控制应符合下列规定：
 - a) 原材料、半成品、成品等主要工程材料进入施工现场，应进行进场验收，凡进场验收不合格的不得使用；
 - b) 各工序应按工艺施工技术标准、规范规程进行质量控制每道工序完成应进行施工检验，凡检验不合格的不得通过验收上下道工序之间应进行交接检验。

8.2 固化剂检测

固化剂检测方法应符合CJ/T 526的要求。

8.3 固化土检测

固化土检测方法应符合表5规定。

表 5 现场固化土检测内容

检测项目	满足要求	检测频率	检测方法
固化土配比	按规范和设计要求	护坡断面 300 m，设置取样点数 1	配比施工记录
无侧限抗压强度	按规范和设计要求	护坡断面 300 m，设置取样点数 1	抽样送检

8.4 生态护坡检测

生态护坡检测方法应符合表 6 规定，植物生长现场检测内容应符合表 7 规定。

表 6 生态护坡现场检测内容

检测项目	满足要求	检测频率	检测方法
坡面平整度	不超过坡面厚度的 20%，且 ≤ 50 mm	50 m 检测一次	卷尺量测
坡面坡度	不大于设计值	50 m 检测一次	坡度尺和吊线测量
坡面厚度	设计厚度的 ± 15 mm	50 m 检测一次	卷尺量测

表 7 植物生长现场检测内容

养护管理时间	指标要求	检测方法
6 个月	草本覆盖率应 $>95\%$ 乔、灌成活率应 $>95\%$	网格法和比例尺法
12 个月	草本覆盖率应 $>90\%$ 乔、灌成活率应 $>90\%$	网格法和比例尺法
24 个月	草本覆盖率应 $>85\%$ 乔、灌成活率应 $>85\%$	网格法和比例尺法

附录 A
(资料性)
冲刷试验方法

A.1 适用范围

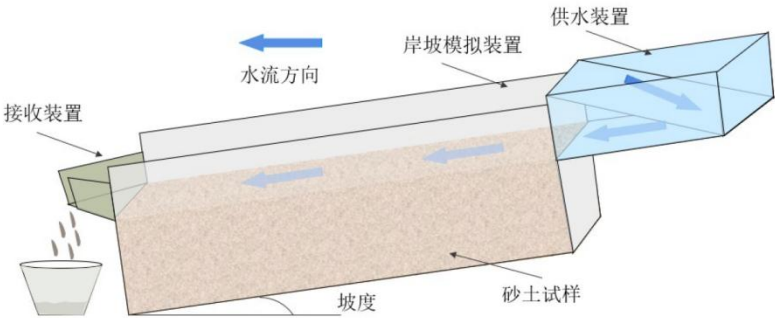
本附录规定了淤泥固化土冲刷试验的试验方法。

A.2 试验材料

用于试验的淤泥固化土符合本文件5.2的要求。

A.3 仪器设备

A.3.1 冲刷试验装置如图A.1所示，装置包含：供水装置、物理岸坡模拟装置、接受装置三部分。供水装置是有机玻璃板组成的水槽，水流经过中间的挡板后从下端出水口流出，出水口前端采用类梳状装置对水分流，以形成均匀面流。供水流量通过控制阀门和流量计来控制，控制流量建议为3.5 L/min。岸坡模拟装置是由有机玻璃板组成的水槽，长度为90 cm~150 cm，宽度为30 cm~50 cm，高度为10 cm~15 cm。在岸坡模拟装置的前端即为接受装置，前窄后宽，收集坡面流失的水土。



图A.1 冲刷试验装置

A.3.2 电子天平：分度值不大于0.01 g。

A.3.3 干燥箱：最高温度不低于150℃，控温精度1℃。

A.4 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 试验前，按设计坡度调整岸坡模型高度，通过控制阀门和流量计，调整供水流量大小，根据接受装置进行流量校核，保证供水流量、供水均匀度等达到设定的范围；
- b) 将设计掺量的淤泥固化土分3次装入，并按控制压实度击实成型，养护48 h后进行冲刷试验；
- c) 开始冲刷试验，每分钟测记一次坡面形成的冲刷量，冲刷时间为1 h，必要时可适当延长冲刷时间；
- d) 试验后，待接受装置中的水澄清之后，小心倒去上部的清水，把剩余的固化土放入干燥箱中烘干，并称量流失的固化土质量 m ，精确至0.1 g。

A.5 试验结果

A. 5. 1 冲刷试验的结果以冲刷值表示，按式（A. 1）计算：

$$h_s = \frac{m}{t \times A}$$

..... (A. 1)

式中：

- hs——固化土的冲刷值，单位为克每平方米小时g/(m²·h)；
- m——历时1h冲刷试验后，固化土流失的质量，单位为克（g）；
- t——试件累计冲刷时间，单位为小时（h）；
- A——试件受冲刷面积。

A. 5. 2 试验结果以3个试件冲刷系数的算术平均值表示。

附录 B
(资料性)
抗水解试验方法

B.1 适用范围

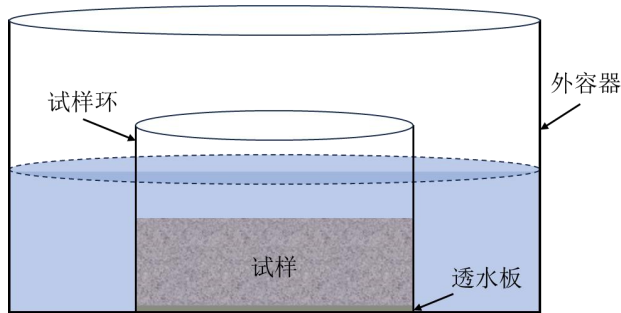
本附录规定了淤泥固化土抗水解试验的试验方法。

B.2 试验材料

用于试验的淤泥固化土符合本文件5.2的要求。

B.3 仪器设备

抗水解试验装置如图B.1所示，装置包含：试样环、透水板、外容器三部分。试样环为圆形，直径为61.8 mm，高度为20 mm。外容器为圆形，直径为100 mm，高度为40 mm。



图B.1 抗水解试验装置

B.4 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 试验制备参考 GB/T 50123，试样制备好后于室温条件下养护 48 h，试样初始面积为 S_c ；
- b) 将试样连同试样环放入外容器中，然后向容器中注水至水面高度高出试样表面 20 mm 左右，水通过透水板从试样底部浸润试样，养护 24 h；
- c) 取出试样环，观察试样的变化，记录试样崩解稳定后的面积 S_j 。

B.5 试验结果

B.5.1 抗水解试验的结果以抗水解值 S_k 表示，按式（B.1）计算：

$$S_k = 1 - \frac{S_c}{S_j} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- S_k ——试样抗水解值；
- S_c ——试样初始面积，单位为平方米（ m^2 ）；
- S_j ——试样崩解稳定后的面积，单位为平方米（ m^2 ）；

B.5.2 试验结果以3个试件抗水解值的算术平均值表示。

附 录 C
(资料性)
水稳定性试验方法

C.1 适用范围

本附录规定了淤泥固化土水稳系数试验的试验方法。

C.2 试验材料

用于试验的淤泥固化土符合本文件5.2的要求。

C.3 仪器设备

无侧限试验装置：参照GB/T 50123。

C.4 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 将试样分成2组，每组6个；
- b) 第一组采用标准养护龄期6 d，养护龄期最后一天浸于(20±2)℃的水中，第二组采用标准养护至同龄期；
- c) 将上述2组试样进行无侧限抗压强度试验，试验方法按GB/T 50123执行。

C.5 试验结果

固化土的水稳定性采用水稳系数的评价指标，水稳系数按式(C.1)进行计算：

$$\lambda = \frac{q_{uw}}{q_{u0}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- λ——水稳系数(%)；
- q_{uw}——标准养护6 d，浸水1 d后试件的无侧限抗压强度，单位是兆帕(MPa)；
- q_{u0}——标准养护7 d后试件的无侧限抗压强度，单位是兆帕(MPa)。

附录 D
(资料性)
植物生长试验

D.1 适用范围

本附录规定了植物生长试验方法。

D.2 试验材料

用于试验的固化剂材料符合本文件5.2.1的要求。

D.3 试验方法

植物生长试验宜采用对照试验法进行，对淤泥土及固化淤泥土分别进行植物种植，并对植物生长情况进行评价。评价指标可包含植物分布密度、植物生长高度。

D.4 试验步骤

试验应按如下步骤进行：

- a) 取 500 g 淤泥土及固化淤泥土分别装入植物培养箱，整平后在表面均匀播撒 5 g/cm² 的植物种子；
- b) 定期对植物进行浇水，测量植株高度，植物分布密度。

D.5 试验结果

植物分布密度按式 (D.1) 进行计算：

$$\eta = \frac{n}{S} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

- η ——植物分布密度（根/cm²）；
- n——植物总发芽数（根）；
- S——植物培养箱内土体表面积，单位为平方厘米（cm²）；

参 考 文 献

- [1] GB 3838 地表水环境质量标准