

# 南京市城乡建设委员会 南京市城市管理局 文件

宁建建字〔2023〕145号

## 关于印发《流态固化土壤筑应用技术导则 (试行)》的通知

江北新区管委会、各区人民政府，市各相关部门：

为进一步促进建设工程渣土减量化和资源化利用，现将《流态固化土壤筑应用技术导则(试行)》印发给你们，请遵照执行。

附件：流态固化土壤筑应用技术导则（试行）

南京市城乡建设委员会



南京市城市管理局



2023年6月30日

南京市城乡建设委员会办公室

2023年6月30日印发

# 流态固化土填筑应用技术导则

## (试行)

南京市城乡建设委员会

南京市城市管理局

南京环境集团有限公司

二〇二三年六月

# 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。

本导则编制组在大量室内试验和工程应用总结的基础上，参考国内外相关技术标准和工程案例，编制了《流态固化土填筑应用技术导则》，本导则共分10章6个附录。主要技术内容包括：1 总则；2 规范性引用文件；3 术语和符号；4 基本规定；5 材料及性能；6 设计；7 制备；8 施工；9 质量检验与验收；10 安全施工与环境保护。该导则对生产、技术指标以及应用的各环节作了具体规定，可作为流态固化土应用于水务、市政、房建、轨道交通等工程项目的设计、施工及验收的标准参考。

本导则由南京市城乡建设委员会及南京市城市管理局负责管理，南京环境集团有限公司负责具体内容的解释。各单位在执行本导则过程中若有意见和建议，请反馈至南京环境集团有限公司（地址：南京市栖霞区合作村100号，邮政编码210026，邮箱494079627@qq.com）。

组织单位：南京市城乡建设委员会

南京市城市管理局

主编单位：南京环境集团有限公司

南京市城市建设投资控股(集团)有限责任公司

南京水务集团有限公司

参编单位：南京江北新区环境科技有限公司

南京长江环境科技有限公司

南京绿建新型环保材料科技有限公司

南京水务集团资源再生科技有限公司

南京三合建环保科技有限公司

南京东大岩土工程勘察设计院有限公司

主要起草人员：范惜辉 李元东 王治国 惠锋 罗豪 陈政 沈天南 曲春江 汪明亮 高军 曹文哲

徐翔 俞斌 李登辉 杨浚彬 王宁宁 余巍

主要审查人员：张坤勇 金雪莲 刘亚非 夏长春 黄峰

# 目 次

1 总则 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和符号 .....	1
3.1 术语 .....	1
3.2 符号 .....	2
4 基本规定 .....	3
5 材料及性能 .....	3
5.1 原料土 .....	3
5.2 水 .....	3
5.3 固化剂 .....	3
5.4 掺合料 .....	3
5.5 外加剂 .....	4
5.6 性能 .....	4
6 设计 .....	4
6.1 一般规定 .....	4
6.2 性能设计 .....	4
6.3 配合比设计 .....	5
7 制备 .....	6
7.1 工艺 .....	6
7.2 要求 .....	6
8 施工 .....	7
8.1 准备 .....	7
8.2 填筑 .....	7
8.3 养护 .....	7
9 质量检验与验收 .....	8
9.1 一般规定 .....	8
9.2 原材料检验 .....	8
9.3 施工检验 .....	9

9.4 质量验收 .....	9
10 安全施工与环境保护 .....	10
10.1 一般规定 .....	10
10.2 安全施工措施 .....	10
10.3 环境保护 .....	10
附 录 A （规范性） 流态固化土立方体无侧限抗压强度的测定方法 .....	11
附 录 B （规范性） 流态固化土流动值的测定方法 .....	12
附 录 C （规范性） 流态固化土实体钻芯取样的抗压强度检验方法 .....	13
附 录 D （资料性） 流态固化土填筑记录 .....	14
附 录 E （资料性） 流态固化土填筑工程主控项目验收记录 .....	15
附 录 F （资料性） 流态固化土填筑工程一般项目验收记录 .....	16
本导则用词说明 .....	17
条文说明 .....	18

# Content

1	General provisions .....	1
2	List of quoted standards .....	1
3	Terms and symbols .....	1
3.1	Terms .....	1
3.2	Symbols .....	2
4	Basic regulations .....	3
5	Material and performance .....	3
5.1	Soils .....	3
5.2	Water .....	3
5.3	Curing agent .....	3
5.4	Admixture .....	3
5.5	Additive .....	4
5.6	Performance .....	4
6	Design .....	4
6.1	General requirement .....	4
6.2	Performance design .....	4
6.3	Mixing proportion design .....	5
7	Production .....	6
7.1	Technology .....	6
7.2	Requirement .....	6
8	Construction .....	6
8.1	Preparation .....	6
8.2	Pouring .....	7
8.3	Maintenance .....	7
9	Quality inspection and acceptance .....	7
9.1	General provision .....	7
9.2	Inspection of materials .....	8
9.3	Inspection of construction .....	9
9.4	Acceptance .....	9
10	Safe construction and environment protection .....	10

10.1 General requirement.....	10
10.2 Safety management measures.....	10
10.3 Environmental protection.....	10
Appendix A (Normative) Test method for compressive strength of flowable fill specimen.....	11
Appendix B (Normative) Test method for flow value of flowable fill.....	12
Appendix C (Normative) Test method for compressive strength of flowabe fill core samples.....	13
Appendix D (Informative) Backfill record.....	14
Appendix E (Informative) Quality acceptance record of dominant items.....	15
Appendix F (Informative) Quality acceptance record of general items.....	16
Explanation of wording in this guide.....	17
Explanation of provisions.....	18

# 流态固化土填筑应用技术导则

## 1 总则

- 1.1.1 为规范流态固化土原材料选择、设计、生产流程，满足设计和施工要求，保证流态固化土填筑工程质量，并且达到经济合理的目的，制定本技术导则。
- 1.1.2 本导则适用于流态固化土填筑工程的生产、设计、施工和验收。
- 1.1.3 流态固化土填筑应符合本导则的规定外，尚应符合国家现行有关标准。
- 1.1.4 为提高房建项目的基坑肥槽、地下结构的顶板、管道沟槽等传统压实机具作业困难区域的回填质量，宜优先采用流态固化土技术。

## 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。

- 《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176
- 《混凝土用水标准》JGJ 63
- 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596
- 《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046
- 《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690
- 《建筑材料放射性核素限量》GB 6566
- 《混凝土外加剂》GB 8076
- 《土壤固化外加剂》CJ/T 486
- 《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286
- 《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《施工场地扬尘排放标准》DB 32/4437-2022
- 《通用硅酸盐水泥》GB 175
- 《混凝土试模》JG 237
- 《水泥石配合比设计规程》JGJ/T 233
- 《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG 3420
- 《公路路基路面现场测试规程》JGJ 3450

## 3 术语和符号

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 术语



### 3.1.1

#### 流态固化土 Flowable Fill

在土中加入一定量水、固化剂及其他添加材料后搅拌均匀，形成具有一定流动性及硬化强度的填筑材料。

### 3.1.2

#### 原料土 Soil

用于生产流态固化土的具有不同物理、力学性质的土。

### 3.1.3

#### 固化剂 Curing Agent

固化剂主要采用以硅酸盐水泥为主的水硬性无机胶凝材料，或者类似具备水硬特性的活性材料。

### 3.1.4

#### 掺合料 Admixture

为了改善流态固化土性能，节约用水，调节强度和凝结时间，在拌合时掺入天然的或人工的能改善流态固化土性能的粉状矿物质。

### 3.1.5

#### 外加剂 Additives

为改善流态固化土的和易性或强度而在固化过程中添加的调节材料，以改善流态固化土的凝结时间、流动性、收缩性能或强度指标。

### 3.1.6

#### 抗压强度 Compressive Strength

立方体标准试件(70.7mm×70.7mm×70.7mm)的无侧限抗压强度。本文提及的固化土强度如未注明，均为立方体试件的 28 天无侧限抗压强度。

### 3.1.7

#### 流动值 Flow Value

该指标表征流态固化土的流动性能，以高 80mm，内径 80mm 模具内流态固化土在自重作用下扩展的直径表征。

### 3.1.8

#### 配合比 Mixing Proportion

流态固化土所选择的材料及其质量比例关系。

### 3.1.9

#### 泌水率 Bleeding Rate

泌水量对流态固化土拌合物含水量之比。

### 3.1.10

#### 解泥 Disperse Soil

通过机械分散等物理措施，将成团的土块在水中打散，使其成为可与固化剂充分拌合的细颗粒泥浆的一种物理措施。

### 3.1.11

#### 细粒土 Fine Grained Soil

粒径小于等于 0.075mm 的颗粒(细粒组，即粘粒、粉粒)质量大于或等于总质量 50%的土。

## 3.2 符号

$m_g$ —每立方米流态固化土中固化剂用量(kg)；

$\rho_g$ —固化剂的密度(kg/m<sup>3</sup>)，对于水泥可取 3100kg/m<sup>3</sup>；

$m_w$ —每立方米流态固化土中水的用量(kg)；

$\rho_w$ —水的密度(kg/m<sup>3</sup>), 可取 1000kg/m<sup>3</sup>;  
 $m_s$ —每立方米流态固化土中原料土的用量(kg);  
 $\rho_s$ —原料土固体颗粒密度(kg/m<sup>3</sup>);  
 $m_a$ —每立方米流态固化土中外加剂的用量(kg);  
 $\rho_a$ —外加剂的密度(kg/m<sup>3</sup>);  
 $m_c$ —每立方米流态固化土中掺合料的用量(kg);  
 $\rho_c$ —掺合料的密度(kg/m<sup>3</sup>);  
 $V_{air}$ —每立方米流态固化土中混入气泡占总体积比值, 可按 3%计算;  
 $\gamma$ —流态固化土的重度(kN/m<sup>3</sup>)。

## 4 基本规定

- 4.1.1 流态固化土可用于建设工程的基坑肥槽、管道沟槽、地下结构顶板、地基孔洞、挡土墙背侧及路基等部位回填。
- 4.1.2 流态固化土应用过程中, 应根据现场情况及时调整流态固化土的配比和工艺参数。
- 4.1.3 填筑后的固化土应符合环保要求, 不得对其接触物造成危害。
- 4.1.4 流态固化土应充分利用工程开挖产生的渣土, 并根据回填位置设计要求、原料土性质、施工条件优化配比方案。
- 4.1.5 流态固化土应建立全流程质量控制体系, 并在施工前制定专项施工方案。
- 4.1.6 不得在生态保护红线、生态空间管控区内架设流态固化土生产设备。
- 4.1.7 填筑工程应对流态固化土的材料、性能、施工进行质量检验, 并按照检验批相关要求验收。
- 4.1.8 施工前建立安全交底制度, 并对作业人员进行相关的安全教育和培训。

## 5 材料及性能

### 5.1 原料土

- 5.1.1 原材料应优先使用工程弃土, 包括各类粘土、粉土、砂土等。杂填土、有机质土(有机质含量>5%)、净水厂尾泥等应处理后使用。不得含有污染土、盐渍土等特殊土, 且不可含未分类处理装修垃圾、园林垃圾及砖瓦石块。
- 5.1.2 原料土中添加建筑装修垃圾细骨料、砖粉时, 应符合《混凝土和砂浆用再生细骨料》GB/T 25176的有关规定。
- 5.1.3 原料土搅拌前应筛分, 颗粒粒径不应大于 40mm。若采用泵送工艺时, 原料土的最大粒径与输送管径之比不宜大于 1/3。

### 5.2 水

- 5.2.1 流态固化土拌合及养护用水应符合行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 中混凝土拌合用水的水质要求。

### 5.3 固化剂

- 5.3.1 固化剂可采用以硅酸钙、铝酸钙等水硬性材料为主的固化材料。初凝时间不应小于 45min, 终凝时间不应大于 600min。

### 5.4 掺合料

#### 5.4.1 掺合料应符合下列要求：

- a. 粉煤灰应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定。
- b. 粒化高炉矿渣粉应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定。
- c. 硅灰应符合现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》GB/T 27690 的有关规定。
- d. 掺合料的放射性应符合现行国家标准《建筑材料放射性核素限量》GB 6566 的有关规定。

#### 5.5 外加剂

5.5.1 为调整流态固化土的初凝、终凝、流动性、强度等性能参数而添加的外加剂应满足环保要求。采用的混凝土商品外加剂应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 的有关规定。

5.5.2 土壤固化外加剂应符合行业标准《土壤固化外加剂》CJ/T 486 及《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286 的相关要求。

#### 5.6 性能

5.6.1 流态固化土的强度通过立方体试件无侧限抗压强度试验测定，并符合附录 A 的相关要求。设计时根据填筑工程的施工时序等特点，确定与龄期相关的强度指标。如未明确表示时可采用 28d 强度作为验收的强度标准。

5.6.2 流态固化土的和易性以流动值表示，流动值应满足填筑或泵送的设备要求及填筑部位的流动值要求。流动值的测试方法应符合本导则附录 B 的相关要求。

### 6 设计

#### 6.1 一般规定

6.1.1 工程设计前，应调查收集项目所在地的工程地质、水文、气象等条件。

6.1.2 流态固化土设计应遵循安全性、适用性、耐久性原则。

6.1.3 流态固化土设计内容主要包含材料性能设计及配合比设计。涉及主体验算时应考虑流态固化土对结构应力、浮力影响。

6.1.4 设计时应考虑生产、运输、填筑的工艺及填筑部位对强度和流动值的要求，并明确验收指标。施工时考虑其流动性、泌水率（抗离析性）。固化后的主要性质为抗压强度。当填筑部位有抗渗要求时，应考虑其抗渗性能或渗透系数要求。

6.1.5 涉及二次开挖或拆除的临时回填部位，流态固化土 28d 强度不宜大于 1MPa。

6.1.6 对于特殊工程，可根据工程特点，经专项研究和论证，提出流态固化土的长期性能及必要的环保要求。

#### 6.2 性能设计

6.2.1 流态固化土应根据填筑工程的应用类别、应用场景进行性能设计，以满足强度、流动性、工期和填筑工艺要求。

6.2.2 流态固化土流动值宜为 140mm~200mm。管道沟槽、肥槽部位的流动值应大于 140mm。异形、复杂结构部位流动值宜大于 180mm。

6.2.3 流态固化土初凝前不应出现显著泌水，泌水率宜小于 3%。泌水率的检测方法应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法》GB/T 50080 有关规定。

6.2.4 流态固化土用作建筑地基处理或填充地基空洞时，其技术指标应满足《建筑地基基础设计规范》GB50007 承载力及变形的有关规定，且强度不宜低于 1.5MPa。

- 6.2.5 建筑物有抗浮要求，并采用流态固化土作为弱透水材料回填时，渗透系数不宜大于  $5 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；有防治污染扩散等特殊要求时，渗透系数不宜大于  $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 。
- 6.2.6 流态固化土抗压强度应满足设计要求，当无明确设计要求时，可参照表 1。

表 1 固化土的抗压强度推荐值

应用类别		最小抗压强度(MPa)	
管沟回填		0.6	
室内回填		0.5	
肥槽回填		0.3	
基坑回填			
挡土墙回填			
堤防培土			
路基回填 (含路基孔洞)	路面底面以下深度 (m)	a类	b类
	0.0~0.8	0.8	0.6
	0.8~1.5	0.5	0.4
	>1.5	0.4	
孔洞回填		0.2	
结构物覆盖			

注：表中 a 类为城市快速路、高速公路、一级公路及主干路；b 类为其他等级道路。

### 6.3 配合比设计

- 6.3.1 流态固化土配合比设计前应明确原材料及填筑部位要求。所用原料土应判断类别并测试相应参数，包括颗粒级配、液塑限、比重、含水率、有机质含量等。试验方法参照国标《土工试验方法标准》GB/T 50123。
- 6.3.2 配合比设计应包含配合比计算、适配及调整。
- 6.3.3 无特殊要求时，可使用普通硅酸盐水泥作为主要固化剂，水泥用量为  $60 \sim 300 \text{kg/m}^3$ 。固化土 28d 抗压强度为  $0.5 \sim 0.7 \text{MPa}$  时水泥用量取小值， $1.5 \sim 5.0 \text{MPa}$  时水泥用量取大值。
- 6.3.4 配合比设计应确定各组成材料用量，设计的组分含量应符合下列公式：

$$\frac{m_g}{\rho_g} + \frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_s}{\rho_s} + \frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_c}{\rho_c} + V_{air} = 1 \dots\dots\dots(1)$$

$$m_g + m_w + m_s + m_a + m_c = 100\gamma \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- $m_g$ —每立方米流态固化土中固化剂用量(kg)；
- $\rho_g$ —固化剂的密度( $\text{kg/m}^3$ )，对于水泥可取  $3100 \text{kg/m}^3$ ；
- $m_w$ —每立方米流态固化土中水的用量(kg)；
- $\rho_w$ —水的密度( $\text{kg/m}^3$ )，可取  $1000 \text{kg/m}^3$ ；
- $m_s$ —每立方米流态固化土中原料土的用量(kg)；
- $\rho_s$ —原料土固体颗粒密度( $\text{kg/m}^3$ )；
- $m_a$ —每立方米流态固化土中外加剂的用量(kg)；
- $\rho_a$ —外加剂的密度( $\text{kg/m}^3$ )；

$m_c$ —每立方米流态固化土中掺合料的用量(kg)；

$\rho_c$ —掺合料的密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$V_{air}$ —每立方米流态固化土中混入气泡占总体积比值，可按 3%计算；

$\gamma$ —流态固化土的重度(kN/m<sup>3</sup>)。

6.3.5 配合比适配应在配合比计算的基础上进行，流动值、强度等指标应满足设计要求。

6.3.6 流态固化土适配试块的抗压强度应不小于设计抗压强度的 1.2 倍。

6.3.7 根据原料土的性质进行适配时，砂土可与固化剂、水按质量比直接混合搅拌；细粒土宜先解泥，解泥后按泥浆质量比换算后进行混合搅拌。

6.3.8 外加剂的种类与用量应符合下列规定：

a. 设计的流态固化土 28 天无侧限抗压强度大于 0.5MPa 或有抗渗等特殊要求时，可掺入土壤固化外加剂，其种类与掺量应通过试验确定。

b. 考虑降低流态固化土湿密度时，应考虑掺入泡沫剂，种类与用量通过试验确定。

c. 其他添加剂的使用应通过试验验证，满足设计施工要求，且对地下环境无污染。

d. 原料土以砂土为主时，宜掺适量保水剂，避免离析。

6.3.9 需进一步提高强度时，可在流态固化土中添加适量骨料。

6.3.10 流态固化土的施工配合比应根据实验结果、施工性能要求、造价综合确定。

## 7 制备

### 7.1 工艺

7.1.1 流态固化土制备分为现场拌合和厂拌两种模式。现场制作、输送与填筑，应采用专用设备，计量系统施工前应进行标定；厂拌设备应定期检查、标定。

7.1.2 流态固化土设备应具有原材料自动计量功能，实时显示原料土、固化剂、掺合料、外加剂、水的传输速率和添加总量。根据验证的配合比，经生产调试，拌合材料的用量质量偏差应符合表 2 的要求。

表 2 拌合材料用量质量偏差限值

材料	用量质量偏差 (%)
原料土	±3
固化剂	±2
水	±2
掺合料	±2
外加剂	±1

### 7.2 要求

7.2.1 采用流态固化土回填，应因地制宜选择合适材料，具备条件时宜采用厂拌方式确保配合比精度和搅拌质量。

7.2.2 原料土搅拌前应预处理，清除原料土中混入的异物，如木片、金属物、塑料等。砂土类材料可选用破碎筛分设备；细粒土易成团成块，宜增加解泥步骤，加水制备成泥浆并过筛。

7.2.3 拌合、填筑设备的生产能力和设备性能应满足连续的填筑要求，单台设备的拌合生产、填筑能力不宜小于 25m<sup>3</sup>/h。拌合时间应充分，确保各组分混合均匀。

7.2.4 若采用现场拌合，施工拌合现场应落实《施工场地扬尘排放标准》DB32/4437-2022 要求，规范设置监测点位，扬尘监测设备可靠，确保 TSP、PM10 等监控数据达标；机械设备向周围生活环境排放施工噪声时，应当符合国家规定的施工场界环境噪声排放标准。

## 8 施工

### 8.1 准备

8.1.1 流态固化土施工应根据设计要求，结合现场水文地质条件、工期进度和安全要求，了解工程规模，编制专项施工方案。

8.1.2 设备生产能力、罐车的运输能力和泵的传输能力应与回填效率要求匹配。

8.1.3 当使用泵车输送流态固化土时，宜提前设置好泵送管道；当回填坑道等闭塞空间时，须在顶部设置排气管或气孔；需要设置模板时，应提前安装模板，模板的强度、刚度和稳定性应满足设计要求，并避免漏泥。

8.1.4 填筑前确认地基基础满足设计要求，及时清除沟槽、基坑、孔洞内的积水、垃圾及其他杂物。

### 8.2 填筑

8.2.1 流态固化土从拌合完成至填筑时间不宜大于 3 小时。当间隔时间超过 3 小时时，宜调整并添加缓凝剂。

8.2.2 运输过程应保证流态固化土均匀不离析，运输过程及填筑前不应加水或其他外加剂。填筑前应检测流动值，满足填筑要求。

8.2.3 填筑前应检查填筑区域是否存在孔洞、贯通的管线腔体等其他相邻地下空间，避免流态固化土窜入其中。

8.2.4 填筑可采用溜槽、溜管、泵送管道等形式，其浇筑口底部宜控制在填筑面上 1m 以内。填筑时尽量避免直接冲击沟槽侧壁或预埋管道。泵车、搅拌设备宜靠近填筑面，施工时确保有足够工作面。当日浇筑完后应及时清理溜管、泵送管道中残留的流态固化土。清理时产生的稀浆不应排入填筑工作面。

8.2.5 流态固化土宜采用分层分区填筑，相邻分区填筑高差不宜大于 1.5 米。当沟槽底部埋设管道时，首次填筑不宜超过 0.5 米。分层厚度应由设计单位根据流态固化土产生侧向压力及上浮力不影响支护及埋入管线等结构的正常使用确定。上一层浇筑应在下一层流态固化土初凝之后进行。

8.2.6 流动值低于 160mm 的流态固化土填筑时宜进行振捣。

8.2.7 流态固化土填筑管道沟槽时，应考虑管道抗浮要求，可设置反向支撑或初凝层。

8.2.8 施工应考虑当地气候条件，注意多雨、高温、严寒等不利气候条件，并符合下列要求：

- a. 填筑时遇降雨天气，应注意雨情，必要时停止施工并覆盖塑料薄膜等防水材料。
- b. 应避日平均气温 5℃ 以下的冬季施工，并在冬季做好夜间保温防冻工作。
- c. 应避免高温天气填筑，室外温度不宜超过 35℃，否则应设置遮阳措施。

### 8.3 养护

8.3.1 分层填筑或顶层填筑完毕后应采用严实覆盖土工布或塑料膜养护。施工完成并初凝后，应立即洒水保湿，土工布需时刻保持湿润但无积水；塑料薄膜应保持膜内有凝结水。

8.3.2 市政道路下管道回填需尽早开放交通的，宜添加早强剂。最上层浇筑完后若有后续作业（如路面结构施工），现场以同条件养护下试块抗压强度大于 85kPa 或经验许可条件（60kg 以上人员在沟槽内站立 5 分钟而无明显下陷痕迹，经监理确认认可）满足后方可回铺路面。

8.3.3 顶层流态固化土的养护期至少 7 天，养护期间内应禁止车辆在浇筑面通行。

8.3.4 养护期间应按 10.2 节安全施工措施要求，做好安全防护，避免人员掉入未硬化流态固化土中。

## 9 质量检验与验收

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 流态固化土填筑作为一个分项工程进行质量检验评定。
- 9.1.2 流态固化土填筑工程的质量检验应包括材料质量检验、施工质量检验。
- 9.1.3 流态固化土若采用厂拌模式，其质量检测分为出厂检验和交货检验。供方负责出厂检验的取样和试验并提供出厂合格证；需方负责到货的复检。
- 9.1.4 质量检验与验收可按施工段、工程量为检验单位进行划分。
- 9.1.5 当判定流态固化土质量是否符合要求时，交货检验项目以交货检验为依据，其他检验项目按合同规定执行。
- 9.1.6 质量检验项目

流态固化土的检验应包括表 3 中所有项目。

表 3 流态固化土质量检验项目

检验内容	分类	检查项目
材料	主控项目	固化剂
	一般项目	原料土
		水
		掺合料
		外加剂
施工	主控项目	抗压强度
	一般项目	流动值
		泌水率
		现场检验
		标高
		外观检验

### 9.2 原材料检验

#### I 主控项目

9.2.1 固化剂进场必须按批次对其品种、级别进行验收，并对其强度、凝结时间等指标进行检测，其质量标准应符合本导则 5.3 节的要求。采用水泥作为固化剂时，应检查其品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期，并应对其强度和凝结时间进行复验，复验质量应符合国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。

检验数量：散装固化剂应按每 500t 为一检验批，袋装固化剂应按 200t 为一个检验批；不足一检验批，也按一检验批计。

检验方法：检查质量证明文件和抽样复验报告。

#### II 一般项目

9.2.2 原料土应符合本导则 5.1 节的要求并进行颗粒分析和环境指标检测。

检验数量：原料土应按每 5000m<sup>3</sup> 为一检验批，土性发生明显变化时，重新检测。

检验方法：颗粒分析采用筛分法测定；环境指标应抽检原料土环境指标检测报告。

9.2.3 用水标准应符合本导则 5.2 节的要求。

检验数量：拌合用水采用饮用水时可不检验。其他水源，同一水源至少检测一次。

检验方法：检查检验水质报告。

9.2.4 掺合料应符合本导则 5.4 节的规定。

检验数量：粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料应为 200t 为一个检验批，硅灰应为 30t 为一检验批；不足一检验批，也按一检验批计。

检验方法：检查质量证明文件和抽样复验报告。

9.2.5 外加剂应符合本导则 5.5 节的规定。

检验数量：外加剂应按 50t 为一检验批；不足一检验批时，按一检验批计。

检验方法：应对功能型外加剂检验其出厂检测报告，并按确定的配合比流程测定流态固化土强度和其他技术指标。

### 9.3 施工检验

#### I 主控项目

9.3.1 流态固化土的强度应满足设计要求，用于检验的试样应随机从同一运输车卸料量的 1/4 至 3/4 之间抽取。

9.3.2 试块采用立方体试模，尺寸为 70.7mm×70.7mm×70.7mm。

检验数量：试块的检查数量应符合以下要求：

- a. 每检验单位至少留置一组标准养护试样；同条件下养护试样组数量根据施工现场确定。
- b. 同一配比每连续填筑 400m<sup>3</sup> 以上，留置一组试样。
- c. 同一配比连续填筑小于 400m<sup>3</sup> 时，留置一组试样。

检验方法：检查施工记录和强度检测报告。

9.3.3 当留置试块强度不合格时，应增加现场取芯，并以取芯试验强度作为最终固化土的强度评判依据。取芯试验强度按本导则附录 C 执行。

#### II 一般项目

9.3.4 流态固化土流动值应满足本导则 6.2.2 节的要求。

检验数量：每拌合 200m<sup>3</sup> 至少检验一次。单个台班拌合不足 200m<sup>3</sup> 至少检验一次。流动值应在拌合点和填筑地分别进行，若采用现场拌合可只进行一次检验。

检验方法：检查抽样检验报告。

9.3.5 流态固化土泌水率应满足本导则 6.2.3 节的要求。

检验数量：每拌合 200m<sup>3</sup> 至少检验一次。单个台班拌合不足 200m<sup>3</sup> 至少检验一次。流动值应在拌合点和填筑地分别进行，若采用现场拌合可只进行一次检验。

检验方法：检查抽样检验报告。

9.3.6 填筑前应将槽内杂物、积水清除；填筑后应对养护条件进行检验，养护条件及养护时间应符合本导则 8.2 及 8.3 节要求。

检验数量：填筑工程的所有作业面。

检验方法：现场检查。

9.3.7 施工填筑后，后续若覆盖路面结构层，应检查其顶层标高，允许误差±30mm。

检验数量：每 100m<sup>2</sup> 检查 3 点或 10 米检查 1 点。

检验方法：采用水准仪测量标高。

9.3.8 填筑体外观质量检验应符合下列规定：

- a. 表面出现的非受力裂缝宽度应小于 5mm；
- b. 表面蜂窝面积应小于总表面积的 1%。

检验数量：填筑工程的所有作业面。

检验方法：现场检查。

### 9.4 质量验收



9.4.1 流态固化土的质量验收应符合下列规定：

- a. 原材料、成品应按照相应质量标准进行检验，具有完整的检验资料。
- b. 生产制备、填筑应按照本技术导则 7、8 两章规定进行质量控制，并形成记录文件。

9.4.2 质量验收资料应包括以下内容：

- a. 固化剂出厂质量证明及复检报告；
- b. 配比试验报告；
- c. 固化土填筑记录（记录表可参照本导则附录 D）；
- d. 留置试块强度检测报告；
- e. 施工影像资料；
- f. 质量验收记录(记录表可参照本导则附录 E、F)。

9.4.3 检验批合格质量应符合下列规定：

- a. 主控项目质量应全部检验合格；
- b. 一般项目合格率应在 80%以上，且不合格点的最大偏差值不得大于允许偏差值的 1.5 倍；
- c. 具有完整的施工质量检查记录。

9.4.4 对工程质量验收不合格的，监理单位应责令施工单位进行缺陷修补或返工，并重新进行质量检验与验收。

## 10 安全施工与环境保护

### 10.1 一般规定

10.1.1 渣土、泥饼、尾泥等建筑固废用于生产流态固化土，应加强原材料重金属及有机污染物的检测，重金属及有机污染物等有害物质超标的原材料严禁用于流态固化土生产。

10.1.2 开工前必须做现场调查，并根据施工现场的地形、水文环境条件等，对施工过程中可能出现的安全隐患及可能对环境造成的影响进行评估，并针对性制定相应的安全施工和环境保护措施。

10.1.3 按照国家有关规定设置消防设施和器材。在施工现场应设置醒目的安全警示标志以及相应的防护措施。流态固化土初凝前，肥槽、沟槽边沿应设置硬质围挡，专人看护。夜间应增设照明警示，避免人员陷入未凝固的流态固化土。

### 10.2 安全施工措施

10.2.1 机械操作人员在操作生产时，应注意观察机械操作半径内的情况，并与辅助人员协调沟通，禁止在机械的作业范围内出现无关人员；多台设备同时运行时，各机械之间应注意保持安全距离。

10.2.2 施工现场周围设置醒目的警示标志，对可能存在的隐患进行提醒，严禁无关人员靠近、接近施工区域。对于必须进入现场人员需服从指挥，遵守各项安全生产制度，正确使用个人防护用品。

10.2.3 定期进行安全检查，及时发现事故隐患，及时检查防触电、易燃品等安全隐患。对于检查中发现的各项问题应及时采取措施并有效解决。

### 10.3 环境保护

10.3.1 对于有条件在现场进行施工的流态固化土作业，施工方需要注意：

- a. 流态固化土原料等应设置在工地下风口，对可能产生扬尘的地方，应采取覆盖等措施。
- b. 现场使用的机械、车辆应满足环保的相关要求。

10.3.2 流态固化土生产过程中应加强防尘、防噪声措施。采用密闭、通风、防尘的办法减少和杜绝作业工人接触粉尘的机会。

**附录 A**  
**(规范性)**  
**流态固化土立方体无侧限抗压强度的测定方法**

**A.1 范围**

本附录规定了试样的制备及无侧限抗压强度的测定方法。

**A.2 原料及试样制备**

A.2.1 试验原材料符合本导则5.1~5.5的相关要求。

A.2.2 根据设计配合比，将各原料按照质量比，按生产时投料顺序加入搅拌机混合均匀，获得流态固化土拌合物；流态固化土也可以从现场取得，取样应具有随机性和代表性。

A.2.3 应采用立方体试件，每组试件应为6个。试模应为70.7mm×70.7mm×70.7mm的带底试模，符合现行行业标准《混凝土试模》JG 237的规定。试模内应涂刷薄机油或隔离剂。流态固化土应一次性装满试模。宜采用人工振捣成型。采用振捣棒均匀地由边缘向中间插捣25次，插捣过程中流态固化土沉落低于试模口时，应随时添加流态固化土，可用油灰刀插捣数次，并用手将试模一边抬高5~10mm各振动5次，流态固化土应高于试模6~8mm。待表面稍干后，将高出试模部分的流态固化土刮去并抹平。

A.2.4 试件制作后应在温度为20±5℃的环境中静置24±2小时，对试件编号、拆模。试件拆模后放在温度为20±2℃，相对湿度为95%以上的标准养护室养护至标准龄期。标准养护室内的试件应放在支架上，彼此间隔10mm~20mm。试件表面应保持潮湿，不得用水直接冲淋试件。

**A.3 试验步骤**

A.3.1 检查试样外观，试件表面应平整，不得有明显裂缝和缺陷。

A.3.2 计算试件的承压面积。当实测尺寸与公称尺寸之差不超过1mm时，可按公称尺寸计算。

A.3.3 将试件放置在承压板中心位置，试件承压面水平，开动材料试验机使得试件与下压板刚好接触。

A.3.4 设置加压的恒定速率，该恒定速率确保试样加压至少2min，将试样加压直至破坏，记录施加的最大荷载。每10个样进行一次完全加压破坏试验，观察试样内部，确保试样内部无明显的分隔面、孔洞等材料缺陷。

A.3.5 计算试样强度，精到0.1MPa。

**A.4 试验结果**

A.4.1 抗压强度的计算方法和结果确认应符合现行行业标准《水泥土配合比设计规程》JGJ /T 233。

附录 B  
(规范性)  
流态固化土流动值的测定方法

B.1 范围

本附录规定了流态固化土流动值的测定方法。

B.2 设备仪器

B.2.1 试验装置为光滑、上下贯通圆筒，内径80mm，高度80，材料为有机玻璃，如图B.1所示。

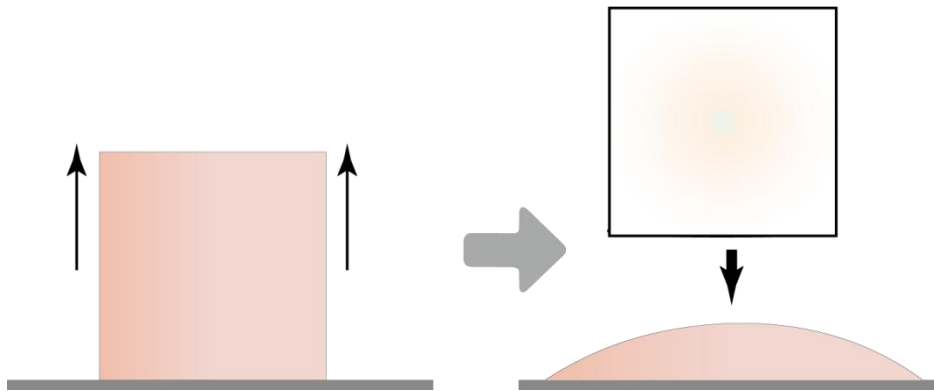


图 B.1 设备及试验示意图

B.2.2 秒表一块。

B.2.3 光滑有机玻璃板一块，可下衬垂直贴尺。

B.3 测试步骤

B.3.1 将有机玻璃板水平放置，圆筒圆心与贴尺中心重合。

B.3.2 确定拌合物中无粒径大于20mm的大颗粒。若存在，过筛去除。

B.3.3 将拌合物体缓缓填筑入圆筒内，沿端口刮去多余拌合物。

B.3.4 装样完成后将有机玻璃圆筒垂直向上轻轻提起，30s后，测量拌合物摊开后最大直径和最小直径，取二者平均值为流动值。

B.3.5 为保证试验可靠性，每组需进行3次平行试验，以平均值作为最终流动值。

## 附录 C

### (规范性)

#### 流态固化土实体钻芯取样的抗压强度检验方法

##### C.1 范围

本附录规定了流态固化土采用钻芯取样的强度检测方法。该方法仅针对流态固化土留置试样强度存疑或对流态固化土填筑质量有重大疑问而缺乏其他实验数据支撑时使用。

##### C.2 仪器及相关要求

C.2.1 路面取芯机，车载式或手推式，钻筒直径为100mm，钻进深度不少于150mm。

C.2.2 压力试验机，符合《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》JTG E30中T0551的规定。

##### C.3 测试步骤

C.3.1 按照《公路路基路面现场测试规程》JGJ3050 T903的方法在选定区域取样，取样时养护龄期应不小于28天，1组为3个试样。

C.3.2 芯样钻取后按下式处理：

- a. 芯样钻取后，应立刻密封保存，不得长期暴露在空气中；
- b. 芯样内不得有裂隙、缺陷和杂物；
- c. 芯样在实验室内进行切割，试件高度与直径之比应为 1:1，芯样试件的实际高径比不得小于 0.95 或大于 1.05；
- d. 沿芯样试件高度的任一直径与平均直径相差不得大于 2mm；
- e. 芯样试件端面与轴线的不垂直度不得大于 1°；
- f. 不平整度在每 100mm 长度内不得超过 0.1mm。

C.3.3 对加工后的芯样按照《水泥土配合比设计规程》JGJ/T 233的要求进行抗压强度试验。

C.3.4 当符合下列要求时，可判定为合格：

- a. 3个流态固化土芯样的抗压强度算术平均值不小于设计强度值的 85%；
- b. 3个流态固化土芯样的抗压强度的最小值不应小于设计强度值的 75%。

附 录 D  
(资料性)  
流态固化土填筑记录

图 D.1 流态固化土填筑过程记录表

流态固化土填筑记录			资料编号		
工程名称					
施工单位					
填筑部位			设计强度		
填筑开始时间	年 月 日 时		填筑完成时间	年 月 日 时	
天气情况		室外气温 (°C)		流态固化土完 成方量 (m <sup>3</sup> )	
流态固化土来源	预拌流态固化 土	生产厂家		供料强度	
		运输单编号			
	流态固化土开盘鉴定编号				
实测流动值		出盘温度		入模温度	
试件留置种类、数量、编号					
流态固化土填筑中出现的问题及 处理情况					
施工负责人			填表人		
注：本表由施工单位填写。					

附 录 E

(资料性)

流态固化土填筑工程主控项目验收记录

表 E.1 流态固化土填筑工程主控项目验收记录

流态固化土质量验收记录 (一)				资料编号		
单位工程名称				分部工程名称		
分项工程名称				验收部位		
施工单位				项目经理		
分包单位				分包项目经理		
施工执行标准名称及编号						
施工质量验收标准的规定				施工单位检查记录		监理 (建设) 单位验收记录
主控项目	1	固化剂	第9.2.1条			
	2	强度	第9.3.2条			
施工单位检查结果		施工员:		施工组长:		
		项目专业质量检查员:				
监理 (建设) 单位验收结论		专业监理工程师: (建设单位)				

附录 F

(资料性)

流态固化土填筑工程一般项目验收记录

表 F.1 流态固化土填筑工程一般项目验收记录

流态固化土质量验收记录 (二)				资料编号	
单位工程名称				分部工程名称	
分项工程名称				验收部位	
施工单位				项目经理	
分包单位				分包项目经理	
施工执行标准名称及编号					
施工质量验收标准的规定			施工单位检查记录		监理 (建设) 单位验收记录
一般项目	1	原料土	第9.2.2条		
	2	水	第9.2.3条		
	3	掺合料	第9.2.4条		
	4	外加剂	第9.2.5条		
	5	流动值	第9.3.4条		
	6	泌水率	第9.3.5条		
	7	现场检验	第9.3.6条		
	8	标高	第9.3.7条		
	9	外观	第9.3.8条		
施工单位检查结果		施工员:		施工组长:	
		项目专业质量检查员:			
监理 (建设) 单位验收结论		专业监理工程师:			
		(建设单位)			

## 本导则用词说明

- 1 为便于在执行本导则条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”；  
反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”；  
反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”；  
反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：  
正面词采用“可”；  
反面词采用“不可”。
- 2 本导则中指明应按其他有关标准、规范执行的，写法为“应符合……的规定（或要求）”或“应按……执行（或采用）”。非必须按指定的标准、规范执行的或者对引用规范进行适当的修改，写法为：“可参照……”。



# 流态固化土填筑应用技术导则

Guide for backfilling project by using flowable fill

条文说明

## 制定说明

本导则在制定过程中，编制组针对流态固化土进行了广泛的调查、研究，总结了我国目前在流态固化土应用中的相关经验，同时参考了国内外的先进技术法规、技术标准，经过反复讨论、修改和完善，制定了关于流态固化土填筑技术的设计、施工及验收的相关条文。

为便于广大技术和管理人员在使用本导则时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条的顺序编制了本导则的条文说明，对条款规定的目的、依据及执行中应注意的有关事项进行了说明。

本条文说明不具有与导则正文及附录等同的效力，仅供使用者作为理解和把握导则规定的参考。

# 目 次

1 总则 .....	21
3 术语和符号 .....	21
4 基本规定 .....	21
5 材料及性能 .....	21
6 设计 .....	22
7 制备 .....	23
8 施工 .....	24
9 质量检验与验收 .....	24

## 1 总则

1.1.1 流态固化土是一种新型的环保材料，具有可流动、强度可控、自密度、施工便捷、可回填狭小空隙等特点，对于工程回填具有广泛的适用性。

为使得设计、施工、监理和建设人员使用该技术导则有章可寻，保证填筑质量，特制定《流态固化土填筑应用技术导则》（以下简称“导则”）。本导则以编写单位现有的科研成果、试验总结和工程实例为基础进行编制，同时参考了日本流动化处理工法委员会《土の流动化处理工法》等有关资料。

1.1.3 流态固化土可在建筑、市政、轨道交通、公路等领域的填筑工程中使用。不同类别工程项目的回填，对于流态固化土的性质要求存在差异，应考虑项目的差异性，分别设计。

## 3 术语和符号

3.1.1 本条文阐述了流态固化土的概念。流态固化土与常规碾压回填材料最大的差异是流动性与自密实性，因此可以解决回填材料在狭小部位难以碾压压实的问题。流态固化土在国外通常也被称为可控性低强度材料(Controlled low strength material, CLSM)。美国混凝土协会 ACI 229R-99 将其定义为一种 28 天抗压强度低于 1200psi(约 8.4MPa)的类混凝土材料。

条目中的其他添加材料包括掺合料、外加剂等。掺合料、外加剂的选择应根据目标性能和当地可选用材料选择。

3.1.2 原料土是流态固化土中最主要组成成分，同时也是固体废弃物的消纳渠道之一。因此流态固化土中原料土应因地制宜，选择本地量大质优材料作为原料土，包括符合要求的各类工程渣土、泥浆泥饼、建筑垃圾冗余土等。

3.1.9 配合比是指流态固化土各组分的比例。配合比决定了流态固化土的工程性能。在流态固化土进场填筑前，应根据设计要求进行配合比设计。实际生产、施工时，应根据材料土质、含水率等指标的变化进行配合比调整。

## 4 基本规定

4.1.3 流态固化土与其他构件直接接触时，不应对其造成影响。常用的混凝土掺合料、添加剂一般不会工程构件造成影响。《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》GB36600 表 1 45 项指标在污染场地调查中应用较为普遍，可参考 GB36600 中第二类用地筛选值的控制要求或其他环保规范指标作为污染土的界定指标。

## 5 材料及性能

5.1.3 条文中规定原料土最大粒径不应大于 40mm，主要考虑大粒径颗粒增加高速搅拌叶片的磨损，并会大幅度降低流动值。在泵送时，若颗粒粒径大于管径的 1/3，易在泵送管中形成堵塞，影响施工效率。

5.2.1 条文中的水包括拌合用水、稀释用水。水的选用一般以不影响流态固化土的强度和耐久性为原则。可以采用饮用水、自来水、河水、湖泊水，不宜采用油污水、海水。

5.3.1 水泥在淤泥、软土加固、水泥石搅拌桩等各类工程中有较多的工程实践经验，优先推荐普通硅酸盐水泥作为固化剂。当考虑早强需求时，可采用硫铝酸盐水泥。一般情况下，建议选用 42.5 级及以上的水泥。

固化剂凝结时间决定了可填筑时间和下一步继续填筑的时间间隔。固化剂初凝时间不宜过短，否则会影响流态固化土运输时间；固化剂终凝时间不宜过长，否则将影响下一道工序的施工。

根据国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求，普通硅酸盐水泥及多种复合水泥的初凝时间不小于 45min，终凝时间不大于 600min。

5.4.1 矿物掺合料可改善流态固化土和易性，节约水泥，调整流态固化土强度。活性矿物掺合料如粉煤灰、粒化高炉矿渣、硅粉等本身不硬化或硬化速度很慢，但是可与水泥水化生成的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  发生反应，生成具有强度的胶凝产物。

目前最为常用的掺合料为粉煤灰，添加量可为  $100\sim 150\text{kg}/\text{m}^3$  即可对流态固化土的流动性和强度产生较好的调节作用。

5.5.1-5.5.2 外加剂在流态固化土拌合前或拌合时添加，掺量一般低于固化剂含量的 5%。符合混凝土要求的外加剂在一定程度上可以改善流态固化土的和易性和强度。对于以土为主材的流态固化土，可选用离子型土壤固化外加剂。固化机理在于溶于水后形成离子交换中介物，散入土体中，通过电离子交换，改变水分子和土颗粒的电离子特性，破坏孔隙毛细管结构，减少颗粒吸附水膜厚度，提升承载力。

5.6.2 流态固化土流动值或流动性的定义在不同规范中差异较大。《预拌流态固化土填筑技术标准》T/CECS 1037-2022 按混凝土国标 GB/T 50080 坍落度和扩展度定义流态固化土的流动性指标；美国《Standard Method for Flow Consistency of Controlled Low Strength Material》ASTM D6103/D6103M-17 提出使用无底的高 150mm，内径 76mm 圆柱体在 2~4 秒提升后流态固化土延展的直径表征流动值。该方法仅适用于仅含砂作为骨料的流态固化土或粗骨料粒径小于 19mm 的流态固化土。对于含粒径大于 19mm 骨料情况，可过筛除去大粒径后再进行测试或直接采用混凝土的坍落度或扩展度作为指标，四川省地方标准《预拌流态固化土工程应用技术标准》DBJ51/T 188-2022 采用了类似的方法；日本建设省对于流态固化土的流动性以流动值(Flow Value)定义，该定义参考了《エアモルタル及びエアミルクの試験方法》JHS A313-1992，该规范以上下贯通，高 80mm，内径 80mm 圆柱体提升后流态固化土延展的直径表征流动值。我国团体标准《自密实固化土填筑技术规程》T/CECS 1175-2022 以及与流态固化土性质较为接近的泡沫轻质土《公路工程泡沫轻质土设计与施工技术指南》T/CHCA 001-2021 同样采用该方法。

考虑到目前常见流态固化土的配比以细粒料和砂土为主，高 80mm，内径 80mm 圆柱体比较便于现场试验，在国内外的工程实践中应用较多，本技术导则采用此方法。

## 6 设计

6.1.3 刚浇筑的流态固化土对模板的侧向压力可按液体考虑。随着流态固化土硬化，侧向土压力系数会迅速降低。

对于使用拉森钢板桩等涉及拔桩作业的工艺，在流态固化土初凝前拔除，流态固化土不仅可及时填补钢板桩拔桩后产生的空隙，同时可一定程度上平衡坑外的主动土压力。

6.1.4 流态固化土流动性指标主要考虑运输、填筑方式，确保可填充狭小区域的所有位置。

流态固化土用于顶板、肥槽回填时，如对地下结构有防渗要求，可对标准养护条件下 28d 龄期试样进行渗透性试验，试验方法可参照现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 进行。

6.1.6 填筑于地面下（例如管道沟槽、基坑肥槽、地下室顶板）的流态固化土含水率变化差异小，流态固化土干缩变形小，一般满足要求。对于裸露的流态固化土，应就其部位及功能，根据工程需要提出相关的长期强度，以及在冻融和干湿循环等条件下的性能要求。

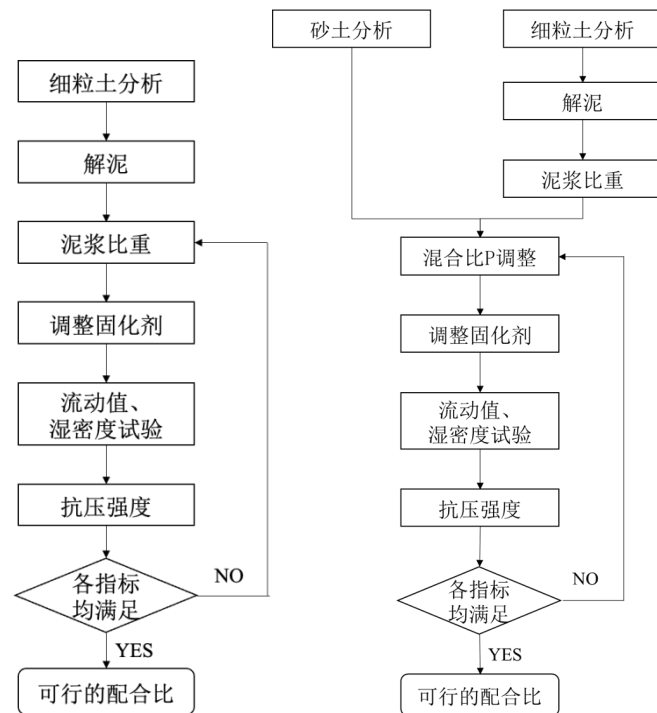
6.2.2 流态固化土流动值应与填筑方法、填筑位置相适应。对于泵送方式，流动值宜大于 180mm。对于管道沟槽、肥槽等部位可通过溜槽、串桶等方式直接填筑，流动值应大于 140mm。对于流动值偏低时，例如流动值为 120mm 时，填筑体的坡度可大于  $10^\circ$ 。难以自流至所需区域的，需增加填筑点位置，完成整个作业面工作。

6.2.3 泌水率指标确保所搅拌的流态固化土均匀不离析。常规项目的流态固化土泌水率一般可要求小于 3%，对于涉及市政道路管道沟槽部位的回填，泌水率要求可提高至 1%。

6.2.6 流态固化土抗压强度是填筑后最重要的参数之一，根据填筑部位提出了相关要求。本导则表 1 中路基部分强度规定参考现行行业标准《气泡混合轻质土填筑工程技术规程》CJJ/T 177 的相关要求；其余部分强度推荐值参考团体标准《自密实固化土填筑技术规程》T/CECS 1175 的相关要求。

6.3.3 固化剂含量是强度最显著的影响因素，并呈现明显的正相关关系。根据日本与课题组的相关试验，当水泥用量为  $60\sim 100\text{kg/m}^3$  时，流态固化土 28d 强度可达到  $0.5\sim 0.7\text{MPa}$ ；当水泥用量为  $250\sim 300\text{kg/m}^3$  时，流态固化土 28d 强度可达  $4\sim 5\text{MPa}$ 。当原料土类型、水的添加量不同时，强度仍会出现较大差异。因此该范围仅是配合比计算时的一个初步值。根据初步估算值进行配合比适配，最终应以配合比适配及现场实际情况作为配合比的最终依据。

6.3.7 土质分类可参照《岩土工程勘察规范》GB50021-2009，细粒土包含粉土和粘土。根据主材使用的细粒土或砂土，将配合比按三种程序执行。当以砂土为主，材料易于分散，则以砂土、固化剂、水等材料的质量比例直接配置；当存在细粒土时，应首先将其解泥，即将土制备成泥浆状。配合比适配流程可参照本说明图 1。其中 (a) 为细粒土流程，泥水比重通常在  $1.2\sim 1.6$  选择 3~6 种，固化剂为  $80\sim 140\text{kg/m}^3$  中选择 1~4 种。(b) 为砂土、细粒土混合流程，其中混合比 P 为=砂土/细粒土。泥水比重可在  $1.05\sim 1.20$  中选择 3~5 种，固化剂添加量为  $80\sim 140\text{kg/m}^3$  中选择 1~4 种，混合比 P 可另选 3~6 种进行试验。以水泥比重为基础变量，按上述步骤寻找合适配合比。当设计强度大于  $1\text{MPa}$  时，可适当提高固化剂添加量。



(a) 细粒土配比流程 (b) 砂土、细粒土混合配比流程

图 1 含细粒土的配合比调整流程

6.3.10 原料土的性质因所采用工地渣土的地层变化、工地来源变化会存在一定波动，将导致流态固化土性能与室内试验结果存在一定差异。因此施工配合比应根据现场土质变化、室内试验结果，兼顾施工性能要求、造价等多方面考虑进行适当调整。

## 7 制备

7.2.4 现场拌合应加强扬尘管控，裸露的原料土临时堆场应及时覆盖，易扬尘的粉料应密闭存储。上料、拌合等易扬尘步骤应采取雾炮、洒水、喷淋、高杆喷雾等降尘措施。施工单位应选用低噪声工艺和设备，并采取有效措施减少振动、降低噪声。

## 8 施工

8.1.1 编制专项施工方案前，应对工程进行详细调查。包括施工作业场所、填筑区域周边地质情况、可用回填土的种类、回填处所受荷载、填充体回填形状（深度、宽度、进深等）、运输路线及时间等。对危险性较大的回填工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。

8.2.5 流态固化土初凝前管道的浮力是需要克服的问题。管径越大，浮力与重力的比值越高。日本《土の流動化处理工法(第二版)》对于不同流动值流态固化土中管道浮力进行了试验。在填筑至管道 30% 体积时基本不产生浮力。流动值为 115mm 时，实测浮力远低于理论浮力(阿基米德原理)；流动值为 163mm 时，实测浮力基本等于理论浮力，但是 20min 后迅速降低，并提出了分层浇筑的方法。上海隧道工程公司推导了流态固化土的浮力公式，并做了初次浇筑厚度为 550mm 和 1030mm 的两个足尺寸试验的，前者安全系数 2.3，后者管道略微上浮。为简化施工程序，理论浮力大于管节自重时，可分两次浇筑，首次浇筑至管道 1/2 处。

8.3.2 该条参考了台北市工程施工规范(2000)第 03377 章，“为确保后续工作的执行，应进 CNS15862 落沉强度试验，当落沉强度试验之压纹直径小于 76cm，或落沉强度试验替代方案（以体重 60kg 以上人员在管沟站立 5 分钟无明显下陷痕迹，并经工程司认可），可作为进行后续工作之判定”。为简化现场施工管理，增加了同条件养护条件下试块强度和条件，即以浇筑面在现场人员站立时的变形情况作为是否可以进行下一步施工的依据。

8.3.3 最后一层浇筑的流态固化土所受上层荷载影响最大，应在养护 7 日后才开放交通，避免交通荷载对养护前期流态固化土造成影响。

## 9 质量检验与验收

9.2.1 鼓励使用钢渣、矿渣、磷石膏等废弃物作为固化材料，当此类材料经试验合格后也可以作为固化剂，此种情况可不提供固化剂检测报告。

9.2.2 原料土的环境指标可参考《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》GB36600 表 1 45 项指标检查抽样检测报告。当市生态环境局出具的《南京市建设用地污染状况调查报告评审管理告知》认为原料土来源工地不存在污染的，也可不进行检测。