

行业标准
《预拌流态固化土应用技术规范》
(征求意见稿)
编制说明

《预拌流态固化土应用技术规范》编制组

二零二五年十月

目 录

一、工作简况	1
1.1 任务来源	1
1.2 编制背景	1
（一）开展调研工作	7
（二）编制组成立暨第一次工作会议	8
（三）确定标准征求意见稿	9
二、标准制订的原则和主要内容	9
2.1 标准制订的原则	9
2.2 标准制订的主要内容	9
2.3 重点工作及需要研究的内容	21
三、工程验证情况	22
四、标准涉及专利的情况	26
五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益情况	26
六、采用国际标准和同外先进标准的情况	28
七、与现行标准的协调性情况	30
八、重大分歧意见的处理经过和依据	30
九、标准性质的建议说明	31
十、贯彻标准的要求和措施建议	31
十一、废止现行相关标准的建议	31
十二、其它应予说明的事项	31

一、工作簡況

1.1 任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2024 年第六批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2024〕503 号）的要求，由中国建筑科学研究院有限公司会同有关单位编制行业标准《预拌流态固化土应用技术规范》（计划编号：2024-2043T-JC），项目周期 12 个月，由建材工业综合标准化技术委员会负责归口管理，主管部门为工业和信息化部。

1.2 编制背景

(1) 工程渣土量大、资源化利用迫在眉睫

2021年2月，由国务院印发的《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》中要求加快基础设施绿色升级，加大工程建设中废弃资源综合利用力度，推动建筑垃圾的资源化利用；同年3月，国家发展改革委联合九部门印发《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》中提出要进一步提升大宗固废综合利用水平，全面提高资源利用效率，推动生态文明建设；同年7月，国家发展改革委印发了《“十四五”循环经济发展规划》，该规划重点提出要完善建筑垃圾回收利用政策和再生产品认证标准体系，推进工程渣土、工程泥浆、拆除垃圾、工程垃圾、装修垃圾等资源化利用，提升再生产品的市场使用规模，规定到2025年，建筑垃圾综合利用率达到60%。习近平总书记在十九大报告中也强调：要着力解决突出环境问题，加强固体废弃物及垃圾处置。可见，国家、政府都高度重视固体废弃物的综合利用。

近年来,持续开展的工程建设产生了大量建筑垃圾,据统计,每年我国在公路、机场、港口、城市建设等各类建筑工程地基施工过程中挖出的工程渣土、泥土、淤泥数量高达几十亿立方米,其中绝大部分被视为弃土而被直接堆放填埋处理,导致大量的土地资源浪费,并且在废弃填埋过程中也容易再次对环境造成污染。工程渣土具有增量/存量、来源广、成分杂、地域差异大的特征,其中增量/存量与资源化率低的矛盾显著,即工程渣土在短时间内大量产生,但是处置技术单一,处置能力弱,无法在短期内规模化消纳,对此,提高其资源化利用率并推动规模化、高品质应用迫在眉睫。

(2) 预拌流态固化土优势明显, 应用比较成熟

在各类工程基槽回填施工过程中, 往往会遇到基槽回填空间狭窄、回填深度

较大、回填土夯实质量不稳定、回填土要求质量高、现场拌灰不符合环保要求等难题。近年来深基坑支护的工程越来越多，因回填土不密实造成建筑物散水、管道、入户道路等部位沉陷破坏，丧失使用功能的事故时有发生。同时基槽回填受回填条件、空间等因素限制无法回填密实，这种情况的存在给高耸建筑物的抗震性能带来危害。传统工艺多采用素土或者灰土分层使用小型夯实设备进行施工，施工难度较大、回填工期较长、回填的质量还难以控制；多数工程为确保回填质量只好采用素混凝土进行回填，而采用素混凝土回填造价较高，强度较大给后期维修、维护带来了难题。因此，采用常规的回填材料及其相应的施工方法已经难以解决这些问题。

预拌流态固化土是针对以上难题而专门研究创新的一种新型建筑材料，其充分利用肥槽、基坑开挖后或者废弃的地基土，掺入与岩土特性相适应的专用特殊胶凝材料或固化剂，以及必要的水和外加剂，通过特定的搅拌机进行拌合均匀，形成具有可施工性的混合料，经浇筑或填筑、养护后，固化成为具有一定强度、水稳定性、低渗透性和保持长期稳定的新型岩土工程材料。坍落度大于 160mm 以上的预拌流态固化土可泵送施工，浇筑时一般无需振捣或只需轻微振捣。流态固化土具有良好的施工便捷性，对于填筑工程，特别是狭窄空间的填筑具有特殊的技术优势。流态固化土与传统碾压成型的路基水泥土或固化土，以及原位搅拌形成的搅拌桩，均有较大的差别。其具有更好的匀质性、抗渗性、体积稳定性及长期稳定性等特点，此外，流态固化土可以就地规模化消纳渣土类建筑垃圾（包括工程泥浆），减少渣土的运输成本。在建筑垃圾当中，渣土类建筑垃圾（含工程泥浆）往往占 60%以上，而且最难消纳利用。流态固化土提供了将渣土变成岩土工程材料的高附加值技术途径。河湖清淤产生的废弃淤泥、污水处理厂的污泥，经过必要的技术处理，利用预拌固化土的性能控制技术，也可以得到消纳利用。同时，流态固化土所用的固化剂（特种胶凝材料）也能消纳当地的工业废渣，如各种冶炼渣、燃煤副产品、固硫副产品，甚至焚烧危废产生的飞灰、炉渣经过严格的检测和技术控制，也可以作为原材料使用。

与混凝土相比，流态固化土不仅价格低廉，也是一个具有很大包容性和冗余度的体系，在产品性能上是混凝土的一个补充，不与混凝土争夺大宗原材料：不用砂石、少用水泥，还可以使用水泥混凝土难以利用的各种固体或液体废弃物。因此，流态固化土是一种可以协同处置多种废弃物的绿色建材；同时，以流态拌

合固化土为中心，可以形成一个上下游联动的绿色化产业链条，协同处置建筑垃圾、工业固废、城市污泥等目前城市亟需消纳处理的大宗低质固废，为“无废城市”提供一套新的解决方案。

流态固化土作为一种质量可控的低强度岩土工程材料，可用于地下工程构筑物填筑工程，包括工业建筑肥槽回填、市政管廊的基槽回填、市政管网埋设的回填、建筑物深基坑的回填、市政工程对质量要求较高部位的回填、狭窄或异形空间的回填等，也包括矿山工程中的矿山充填。对于填筑工程，往往采用大流态的固化土，可泵送或溜槽浇筑，无需振捣成型，减少了传统素土、灰土回填的压实（碾压、夯实）工序，特别是狭窄空间的填筑工程，更具有无可替代的技术优势。也可以用于工业和民用工程临时地坪硬化，临时或低等级道路、路基工程等。由此可见，流态固化土在工业建筑、建筑工程、市政工程、轨道交通工程、管道回填工程、道路工程等具有广阔的应用空间。近几年，预拌流态固化土已在全国各地多个项目中实现应用，如北京城市副中心综合管廊基槽回填、南京市水务管道项目、深圳市新华医院项目、成都市龙泉驿区中医医院迁建项目、成都天府国际机场航站区基槽流态固化土回填等项目等，应用相对广泛且技术成熟。

（3）缺少预拌流态固化土工程应用的国家、行业标准

预拌流态固化土的应用范围比较广，不同工程以及回填部位的预拌流态固化土性能指标要求、配合比设计及施工工艺等有所不同，应根据实际工程综合确定。但目前还没有国家和行业标准对预拌流态固化土应用技术进行统一规定，无法用统一的方法对预拌流态固化土工程进行检验，致使许多测试结果存在差异，无法保证预拌流态固化土的工程质量，影响预拌流态固化土的使用效果，严重阻碍了预拌流态固化土的推广应用。

因此，当前形势下迫切需要制订一本针对预拌流态固化土应用的行业技术规范，针对不同的工程需求，进行更加广泛而深入的研究，在行业标准层面上对预拌流态固化土的原材料优选、配合比设计、制备、填筑、养护及质量验收等方面进行规定，为预拌流态固化土的应用及质量控制提供依据，以推动预拌流态固化土在建设工程中的应用，提高资源利用率，解决工程渣土对生态环境的破坏问题，从而进一步推动该项创新技术的进步及产业化发展。

由此可见，该规范的制订是十分必须且必要的，其符合工程建设材料高性能化、绿色化、低碳化方向的总体战略要求，响应广大相关企业经营者的呼声，可

以填补预拌流态固化土工程应用的行业标准空白，从行业标准层面上对预拌流态固化土的技术指标及施工应用等进行规定，确保工程质量，能够产生技术、经济 and 环境的综合多赢效应。

1.3 主要参加单位所做的工作

本文件牵头编制单位为中国建筑科学研究院有限公司，负责统筹标准起草的全部工作。各单位分工如表 1.3 所示：

表 1.3 参编单位任务分工

工作内容	承担单位
全面负责本标准编制工作的组织和技术协调，负责本标准各章节的统稿和协调工作，负责组织实施相关的试验试验研究，并负责标准的具体编写	中国建筑科学研究院有限公司 南京三合建环保科技有限公司 北京工业大学 建研建材有限公司 建研建硕（北京）科技有限公司
国内外相关标准和文献的调研，负责相关外文资料的翻译和整理工作。起草总则、术语和基本规定内容，并配合其他参编单位开展相应的验证试验。	中国建筑科学研究院有限公司 华南理工大学 同济大学 中南大学 东南大学 浙江工业大学 长大市政工程（广东）有限公司 上海二十冶建设有限公司 中建海峡建设发展有限公司
起草原材料章节，明确原料土、固化剂、水及其他原材料的技术要求，负责相应的验证试验	中国建筑科学研究院有限公司 安徽建工三建集团有限公司 上海城建市政工程（集团）有限公司 中交建筑集团有限公司 上海城建物资有限公司 中冶成都勘察研究总院有限公司 中建八局第三建设有限公司

	河南交院工程技术集团有限公司 中铁上海工程局集团物资工贸有限公司
起草流态固化土性能设计部分，确定流态固化土试块的湿密度、流动扩展度、泌水率和28d 抗压强度等设计指标，并开展相应的验证试验	北京工业大学 中化岩土集团股份有限公司 上海市基础工程集团有限公司 中铁建工集团有限公司 山东省机械施工有限公司 中交第一航务工程勘察设计院有限公司 贵州中建建筑科研设计院有限公司 北京住总第一开发建设有限公司 中建八局城市建设有限公司
起草流态固化土配合比设计部分，提出配合比设计步骤、公式等，负责相应的验证试验	北京工业大学 南京国环科技股份有限公司 宁波交通工程建设集团有限公司 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 陕西华山路桥集团有限公司 江苏筑港建设集团有限公司 广西交通设计集团有限公司 济南城建集团有限公司 中交天津港湾工程研究院有限公司 中交特种工程有限公司 浙江省岩土基础有限公司
起草施工准备和制备部分，明确流态固化土的施工准备要点、生产系统及生产工艺流程等，并开展相应的验证试验	南京三合建环保科技有限公司 乐清市金坤环保科技有限公司 北京建材地质工程有限公司 陕西坚实岩土科技有限公司 中建三局集团有限公司 中铁上海设计院集团有限公司广州分院 青岛森建基础工程有限公司

起草填筑与养护部分，提出相应的施工技术方案	南京三合建环保科技有限公司 浙江坤德创新岩土工程有限公司 甘肃西部岩土工程有限责任公司 福建省建筑设计研究院有限公司 福建南方路面机械股份有限公司 中建八局第一建设有限公司
起草安全与环境保护章节，对流态固化土的施工安全注意要点和环境保护措施提出要求。	湖南致同工程科技有限公司 江苏绿和环境科技有限公司 重庆治地环保科技有限公司 浙江舒谨环保科技有限公司 福建省绿树节能科技有限公司 浙江堃海环保科技有限公司 厦门市政环保新材有限公司
起草质量检验与验收章节	中国建筑科学研究院有限公司 甘肃建投地基基础工程有限责任公司 武汉谦诚桩工科技股份有限公司 福州创先工程材料有限公司 上海公路桥梁（集团）有限公司 福建省建科院岩土所 江苏东合南岩土科技股份有限公司
流态固化土流动扩展度、拌合物泌水率、立方体抗压强度、实体钻芯取样抗压强度的测试方法	北京工业大学 葛洲坝生态治理（湖北）股份有限公司 中山市灵湾新材料科技有限公司 江河安澜工程咨询有限公司 上海申元岩土工程有限公司 淮北雷鸣建材有限公司 上海城建市政集团研发中心 江苏科信岩工程勘察有限公司 广东岩土勘测设计研究有限公司

1.4 主要工作过程

（一）开展调研工作

编制组在编制过程中，详细调研了国内外预拌流态固化土应用的相关的研究文献，同时系统梳理总结了相关标准规范，主要包括：

- （1）ASTM D698 土壤压实特性试验（适用于固化土的压实度检测）
- （2）ASTM D2166 无侧限抗压强度试验（用于固化土力学性能评估）
- （3）ASTM D5084 渗透性试验（评估固化土抗渗性能）
- （4）EN 1997-1 欧洲岩土工程规范
- （5）《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286-2018
- （6）《软土固化剂》CJ/T 526-2018
- （7）《预拌流态固化土填筑技术标准》T/CECS 1037-2022
- （8）《自密实固化土填筑技术规程》T/CECS 1175-2022
- （9）《工程余泥渣土制备固化土应用技术规程》T/CECS 1480-2023
- （10）《固体废弃物固化土混合料应用技术规程》T/CECS 1542-2024
- （11）《道路工程固化土试验方法标准》T/CECS 1757-2024
- （12）《道路固化土应用技术规程》T/CECS 737-2020
- （13）《预拌流态固化土填筑工程技术标准》T/BGEA 001-2019
- （14）《泥态固化土道路填筑技术规程》DB12/T 1179-2023
- （15）《预拌流态固化土回填技术规程》DB13/T 5821-2023
- （16）《固化土集流面工程技术规程》DB15/T 403-2024
- （17）《预拌流态固化土工程应用技术标准》DBJ51/T188-2022
- （18）《预拌流态固化土填筑技术规程》DB1310/T298-2023

目前，国内各类回填工程均参照《建筑地基工程施工质量验收标准》GB50202、《建筑地基处理技术规范》JGJ79 等标准进行应用。只规定了普通土回填，未涉及流态固化土。不少单位、科研机构形成了一些地方和团体标准，技术指标无法做到统一。

现阶段缺乏预拌流态固化土应用的国家标准或行业标准。本标准不违背现行法律、法规、强制性国家标准，并与现行相关标准规范具有较好的协调性，是现行规范的有益补充。

（二）编制组成立暨第一次工作会议

2025年5月18日下午，由工业和信息化部主管、建材工业综合标准化技术委员会归口管理、中国建筑科学研究院有限公司会同有关单位共同编制的行业标准《预拌流态固化土应用技术规范》（以下简称《标准》）编制组成立暨第一次工作会议在南京顺利召开。

中国建筑材料联合会标准质量总监、副秘书长周丽玮教高，中建研科技股份有限公司科技标准管理部陈茜正高，中国建筑科学研究院有限公司冷发光研究员、王晶正高、黄靖教高、夏京亮正高、任龙芳高工，南京三合建环保科技有限公司王宁宁教授、张力教高、於正芳高工及参编单位代表100余人参加了会议。会议由《标准》主编人夏京亮正高主持。



夏京亮正高介绍了与会领导和专家。周丽玮教高讲话指出要遵循标准编制的科学性、先进性、协调性原则，加强对《标准》编制的管理，严格执行《标准》编制进度计划安排，保证《标准》编制质量，更好的发挥出《标准》的行业引领作用。陈茜正高对与会专家给予《标准》编制工作的大力支持表示感谢，强调了《标准》在工程应用方面的指导性作用。黄靖教高就归口标委会对《标准》的支持和信任以及各参编单位对《标准》编制给予的支持和帮助表示了衷心感谢，并承诺主编单位也将加强《标准》的研究和组织工作，按期高质量完成标准编制。任龙芳高工代表编制组汇报了《标准》编制背景、任务来源、主要技术内容及前期筹备情况等。会上，编制组成员就《标准》主要技术问题、标准草案、需进一步开展的验证试验、编制组成员分工等多项内容进行了讨论，进一步明确了《标

准》下一步工作内容。会上，编制组成员就《标准》主要技术问题、标准草案、需进一步开展的验证试验、编制组成员分工等多项内容进行了讨论，进一步明确了《标准》下一步工作内容。

《标准》的制定对流态固化土在实际工程应用中意义重大，它是国家推动生态文明建设、落实“碳达峰、碳中和”战略的重要抓手。标准的制定能够强化政策导向，加速“无废城市”建设目标的实现，促进社会环保共识与绿色生活方式普及，推动智能化、资源化处置创新，形成可推广的技术模式，构建政策引导、社会参与与技术突破并行的可持续发展路径。

（三）确定标准征求意见稿

根据编制组成立会上专家提出的意见，编制组深入开展了预拌流态固化土应用的调研工作，系统了解预拌流态固化土应用的现状与技术需求。通过走访流态固化土生产企业及施工单位，获取了大量基础数据和典型工程案例；与此同时，针对具体工程背景，研究人员对流态固化土的材料组成、固化机理、原土特性、工程推广应用等方面进行了大量的研究。目前，预拌流态固化土已在全国各地多个项目中实现应用，取得了较好的应用效果。通过对验证试验结果的进一步分析，优化和完善标准草案内容，最终形成了标准征求意见稿。

二、标准制订的原则和主要内容

2.1 标准制订的原则

本规范在编制过程中按照建设部的（建标【2008】182号）《工程建设标准编写规定》进行编写，遵循标准编制先进性、科学性、一致性和可行性的原则。在编制过程中，以国家法律法规、技术政策为依据，以标准化工作导则为指导，参照国内外相关标准，在验证试验的基础上，采用成熟可行的技术指标及试验方法，使本标准具有良好的可操作性。

2.2 标准制订的主要内容

标准制订的主要内容包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.材料；5.设计；6.施工；7.安全与环境保护；8.质量检验与验收；附录 A~附录 E。

1. 总则

总则主要提出编制该标准的目的、适用范围及流态固化土应用要求及与其他标准的关系。

随着国家对可持续发展和环保的要求不断提高，资源节约和环境保护已成为

社会发展的重要方针。特别是在大型工程中，材料的选择和应用直接影响到工程的整体质量和环境影响。流态固化土是一种新型建筑材料，率先应用在建筑行业 and 市政行业。其优点在于能够有效减少传统填筑材料（如混凝土、砂浆等）的使用量，从而达到节省资源的目的。同时，由于其施工过程更加高效和灵活，也能够提升工程的经济性和质量控制能力。因此本条明确了制定标准的核心目标，通过规范化流态固化土的应用流程，确保其在工程中的质量可控、安全适用、经济合理、技术先进，同时保证整体质量。这不仅有助于推动新技术的广泛应用，还能助力实现国家在资源节约和环境保护方面的宏观政策目标。

流态固化土可以在建筑、市政、轨道交通、道路等领域的填筑工程中进行应用。不同的工程类型，对流态固化土材料性能和服役性能要求不同，需要分别进行设计和实施。

一个复杂的系统工程，涉及多个专业领域和环节，每个环节都有其特定的技术要求。因此，在应用流态固化土时，必须同时遵守相关领域的国家标准或行业标准。

2. 术语

对预拌原料土、预拌流态固化土、固化剂、固化剂掺量、配合比、流动扩展度等术语进行定义。

本标准术语的确定，以规范行业认知、服务工程应用为核心目标：针对预拌流态固化土、原料土、固化剂、添加剂等核心概念，在参照现行国家标准、行业标准相关定义基础上，结合当前预拌流态固化土技术发展现状（如工业化生产、多场景适配特性）与工程实践经验，通过文献调研、行业调研及技术论证，明确各术语的内涵与边界，为标准后续设计、施工、质量控制等环节提供统一、清晰的术语指引，确保不同主体对技术概念的理解一致性。

流态固化土是以原料土、固化剂、水及必要添加剂按特定比例拌合而成的均匀混合料。该材料在浇筑施工阶段具有良好流动性，经浇筑成型与养护过程后，可固化为具备设计强度、水稳定性、低渗透性及长期稳定性的岩土工程材料。作为回填工程的固化土强度一般为 $0.3\text{MPa}\sim 1.0\text{MPa}$ ，高强度固化土可施工复合地基或劲性复合等。

添加剂是在流态固化土生产过程中掺入的调节材料，主要用于调整其工作性能与硬化特性。通过改变拌合物的流动性、控制固化反应时间，或提升硬化体的抗渗性、抗裂性等关键性能，以满足不同工程条件的技术要求。

用于测试拌合物流动扩展度的测试筒，有不同类型和尺寸，如截锥筒，常见的尺寸为上部内径 50 mm，底部内径 100 mm，高度 150 mm；日本常用的圆柱筒，内径 80 mm，高 80 mm；美国常用的圆柱筒，内径 75mm，高 150mm。同一种拌合物在不同测试筒测试条件下的流动性是不同的。本标准采用的测试筒为内径 75 mm、高 150 mm 的圆柱筒，具体方法参见本标准附录 A。拌合物出机后测试的流动扩展度为初始流动扩展度，拌合物经过一段时间后，再次测试的流动扩展度为经时流动扩展度，可根据需要测试拌合物出机后30 min、1h、2h等时间节点的经时流动扩展度，作为控制拌合物施工性能的指标。如经时期间有静置过程，再次测试流动扩展度前应进行搅拌。

3. 基本规定

本章规定了流态固化土在材料选择、工程设计与施工全过程中应遵循的基本技术原则和管理要求。旨在保障流态固化土填筑工程的技术可靠性、环境安全性与质量可控性。

第 3.0.1、3.0.2 条

从设计层面对流态固化土进行要求。规定专项设计要求的根本原因在于：流态固化土的工程性能高度依赖于具体应用场景。不同工程对强度、耐久性等指标要求存在显著差异，必须通过专项设计确保材料性能与工程需求匹配。同时明确其适用于非结构类填筑，是基于大量工程实践对其适用范围的技术界定。

第 3.0.3、3.0.4 条

从材料层面对流态固化土进行要求。强调资源化利用是响应国家绿色建筑政策，推动建筑垃圾减量化。禁止使用污染土壤是基于环境风险管控要求，防止二次污染。配合比优化则是确保在利用废弃资源的同时，满足工程性能的必要技术措施。

第 3.0.5、3.0.7、3.0.8、3.0.9 条

从过程控制层面对流态固化土进行要求。建立全过程质量控制体系的原因在于：流态固化土性能受原材料、生产、施工等多环节影响，必须实施全过程监控。专项施工方案是确保复杂施工工况下工程质量的重要保障。安全环保要求则是遵

循建设工程管理的基本准则。

第 3.0.6 条

从适用环境层面对流态固化土进行要求。此项规定是基于流态固化土的长期耐久性及体积稳定性要求而制定的。流态固化土的性能优势，如强度增长、水稳定性和低渗透性，依赖于在封闭湿润环境中持续进行的水化反应。当暴露于空气中时，将引发以下不利影响：

① 水分快速蒸发，导致干缩开裂：流态固化土中大量的水分是保证其流动性和参与水化反应的关键。暴露在空气中会使水分快速散失，导致材料产生显著的干燥收缩，进而引发干缩裂缝。这些裂缝会破坏材料的整体性，严重影响其强度、抗渗性和长期稳定性。

② 水化反应中止，影响强度发展：流态固化土的强度主要通过固化剂（如水泥）与土、水之间持续的水化反应形成。暴露环境下的失水将导致水化反应提前中止或减缓，使得固化土无法达到设计强度，造成潜在的质量隐患。

③ 碳化作用加剧，可能劣化性能：空气中的二氧化碳会与固化土中的水化产物（如氢氧化钙）发生碳化反应。此反应可能降低材料的碱度，并对某些固化体系的长期耐久性产生不利影响。

因此，将流态固化土应用于地下回填、管廊包围、水下基础等封闭或饱水环境，可以有效保持其内部水分，为水化反应提供理想条件，确保其长期性能的稳定与可靠。此规定旨在规避暴露应用带来的技术风险，是保障工程质量的关键技术措施。

4. 材料

4.1 一般规定

本节作为原材料选用的基础性要求，聚焦流态固化土原材料的质量管控、环保合规及性能适配性，明确了材料选用前的核心试验、合规标准与适配验证要求，为后续具体材料（原料土、固化剂、外加剂等）的技术指标设定提供前置依据。

第 4.1.1 条规定了原料土进场前必须进行的核心检测项目。其目的在于实现双重控制：一是通过物理指标（含水率、粒径等）的测试，为后续的配合比设计提供精确的原始数据，这是保证固化土工作性与力学性能的基础；二是通过污染物检测，严格执行国家环保标准，从源头上杜绝受污染土壤进入工程应用，防范环境风险。

第 4.1.2 条对原材料放射性提出要求。旨在控制建筑材料的的内照射与外照射风险，保障建筑物长期的居住与使用安全，是流态固化土作为建筑产品必须满足的健康安全底线。

第 4.1.3 条强调外加剂使用前必须进行适应性试验。由于流态固化土为多相复合体系，外加剂与特定固化剂、原料土之间可能存在相容性问题。此程序是为了验证外加剂在特定体系中的有效性，并预防其对凝结时间、强度发展或耐久性产生意外的不利影响，是确保配合比设计目标得以实现的重要环节。

4.2 原料土

本节条文系统规定了流态固化土所用原料土的选用原则、预处理要求及再生材料利用标准。

第 4.2.1 条确立了“优先利用废弃资源，审慎使用特殊土体”的总体原则。明确鼓励使用工程弃土、建筑垃圾再生料、尾矿、石屑等较为优质的原料土。对于杂填土、壤土、工程泥浆往往需要加强预处理或采用针对性的材料方案。铬铁渣、钛矿渣等冶炼渣需要进行必要的试验验证。安定性和吸水膨胀率不合格的钢渣原则上不得用作固化土的原材料，对于安定性和吸水膨胀率等合格的细钢渣颗粒，也应进行充分的试验研究，确保不影响流态固化土的长期性能方可使用。工矿业废渣替代原料土时，还应关注其重金属浸出毒性。

4.2.2 本条规定了原料土的预处理要求。工程泥浆含水率高，且可能含有分散剂、保水剂等添加剂，这些对流态固化土的性能均有影响，在处理工程泥浆时，应充分考虑这些物质的影响，并采取针对性措施。原料土颗粒大小对流态固化土的强度性能影响不大，但对流动性等有一定的影响。根据目前的施工设备，原料土颗粒的最大粒径不宜超过 20mm，否则设备容易损坏。

4.3 固化剂

本节条文规定了流态固化土用固化剂物理与性能指标，其核心在于确保固化剂产品本身的质量均一性、工作可靠性及强度贡献能力。

4.3.1 规定了固化剂物理指标。外观与含水率控制关乎储存稳定性和计量准确性；细度与比表面积则直接影响其与土颗粒的接触面积及水化反应速率，是影响固化效率与效果的关键物理因素。

表 2.2-1 固化剂物理指标

项目	指标要求	测试方法
外观	均匀一致，不应有结块	目测
含水率	$\leq 1\%$	《软土固化剂》CJ/T 526
细度（80 μm 方孔筛筛余量）	$\leq 10\%$	
比表面积	$\geq 350 \text{ m}^2/\text{kg}$	《水泥比表面积测定方法 勃氏法》

4.3.2 规定了固化剂性能指标。从净浆流动度、凝结时间和抗压强度三个方面对固化剂性能提出要求。流动度指标确保了固化剂在浆体状态下具有良好的分散性；凝结时间范围的规定，既为流态固化土的生产与施工提供了必要的操作时间，也避免了凝结过慢影响工程进度；明确的 7d 与 28d 抗压强度指标，是固化剂胶结能力的基本保证。

表 2.2-2 固化剂性能指标

项目	指标要求	测试方法
净浆流动度	初始	$\geq 100\text{mm}$
	30min	$\geq 90\text{mm}$
	60min	$\geq 80\text{mm}$
初凝时间	$\geq 45\text{min}$	《软土固化剂》CJ/T 526 附录 A
终凝时间	$< 720\text{min}$	
抗压强度	7d	《水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法》GB/T 1346
	28d	
		《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》GB/T 17671

4.4 水

本节对流态固化土拌合用水进行规定。流态固化土一般不配钢筋，其用水标准一般不需要达到钢筋混凝土拌和用水的标准，若干指标可以适当放宽，这也是为有效利用混凝土搅拌站废水余浆开辟了良好的途径。但如果流态固化土可能影响周边钢筋混凝土结构的耐久性时，应考虑加强对拌和用水质量的控制。

4.5 其他材料

若流态固化土中采用水泥、石灰、粉煤灰、外加剂或泡沫剂等材料时，其品质须符合现行相关国家及行业标准的规定。

5. 设计

5.1 一般规定

本节确立了流态固化土填筑工程的设计基本原则与技术控制核心。设计要求遵循因地制宜与环保原则，在满足强度、稳定性和耐久性的前提下，明确以抗压强度作为关键设计与验收指标，并依据工程特性规定了 0.3MPa 至 8.0MPa 的合理强度区间。

5.1.1 固化土设计前应对当地的拌合原料土和固化剂进行调研。能消纳现场开挖原料土的应尽量利用现场原料土，避免原料土外运，不能现场拌合的应尽量选择在附近的废弃原料土地拌合，消纳废弃土。固化剂应尽量利用本地的矿物废料，做到绿色环保。

5.1.2 流态固化土的强度测试不同于道路基层的无侧限抗压强度测试方法，通常采用立方体抗压强度作为设计、质量控制和验收的主要依据。测试强度的龄期可以根据工程特点提出，一般为 28 d，对于有早强要求的可为 7d 或 14 d；对于不需要较早使用的工程，可为 56d、90 d、120 d、180d 等。设置长龄期检验强度，有利于充分利用当地的低活性废渣作为胶凝材料的原材料，促进绿色减排。

5.1.3 本条给出了一般情况填筑流态固化土强度设计的建议值，供设计参考使用；设计应根据具体工程的特点，针对性提出强度要求。同时明确了按照本标准附录 C 的方法进行强度测试。考虑流态固化土填筑的应用要求和经济性，一般 28d 抗压强度在 0.3 MPa~2.0 MPa。同时参考美国混凝土协会（ACI 116R）将 28 d 抗压强度不大于 8.3MPa 的材料定义为可控低强度材料 controlled low strength material, CLSM,)，本标准将流态固化土的强度上限值定为 8.0 MPa。如需要更高强度的材料，则可以考虑采用混凝土技术体系。

5.2 性能设计

本节规定了流态固化土性能设计要求，确立了“以工程需求为导向、以核心指标为基准、兼顾特殊工况与环境安全”的设计原则。

5.2.2 设计应考虑流态固化土的强度、拌合物湿密度、泌水率、流动扩展度等要求。表 5.2.2 给出的是一般情况下的建议值，供参考使用。设计需根据具体工程的特点，针对性地提出具体要求。关于密度问题，考虑到填筑工程多处于地下环境，且拌合物湿密度便于施工及时测量和控制，因此建议设计采用拌合物湿密度。如需要控制流态固化土最终的干密度，应通过试验得出相应的拌合物湿密度加以控制。

另外，流态固化土可以分为轻质流态固化土和非轻质流态固化土，轻质流态固化土一般需要通过加入泡沫剂或同时选用轻质填料替代部分原料土来实现。非轻质流态固化土包括常规密度和高密度(如拌合物湿密度大于 2200 kg/m^3)两种。

流态固化土目前可作为空洞、肥槽回填，也可作为路基的回填。肥槽回填和空洞回填由于受场地限制，一般采用流动性大的流态固化土，流动扩展度一般为 $180\sim 250\text{mm}$ ，强度大于 0.3MPa 。路基回填不受场地限制，为节省固化剂用量，施工也较为方便，可选用较低的流动扩展度，一般为 $140\sim 200\text{mm}$ 。

5.2.3 在冻融循环过程中，水分在固化土内部结冰膨胀，可能导致固化土结构破坏，强度降低。冻融循环会加速固化土的老化，降低其使用寿命。为避免因冻融循环导致的性能劣化，流态固化土必须满足抗冻性指标，包含固化土应达到一定的抗冻等级，以抵抗冻融循环的破坏；经过冻融循环试验后，固化土的强度损失率和质量损失率应符合相关标准要求。

5.2.5 填筑体无抗渗要求时，可不控制流态固化土的渗透系数。如有抗渗要求，可根据工程需要，计算提出指定龄期的流态固化土渗透系数。采用专用固化剂的流态固化土渗透系数较低，可采用现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 中变水头渗透试验方法进行测试。

5.2.6 流态固化土的重金属浸出物毒性限值目前尚无明确标准，应根据填筑工程所接触的环境要求进行确定，可以参考的标准有：《地表水环境质量标准》GB3838、《地下水质量标准》GB/T 14848、《生活饮用水卫生标准》GB 5749、《污水综合排放标准》GB8978 等。测试方法采用现行国家标准《水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法》GB/T 30810 较为适宜，测试龄期也可以根据需要从 28 d 延长至更长时间。

5.3 配合比设计

本节规定了流态固化土配合比设计的方法与要求，确保设计强度目标实现的同时，兼顾工作性、经济性与施工适应性。

第 5.3.1、5.3.2 条文明确了配合比设计必须以合格的原材料为基础，并设定了 1.2 倍的强度保障系数。此规定旨在通过源头材料控制和预留足够的强度富余，有效应对原材料波动及生产施工中的不确定性，确保最终工程实体的强度可靠性。

第 5.3.3、5.3.4 条文确立了以强度、流动性和经济性为核心的多目标优化设计原则，并给出了从原材料复试到确定施工配合比的七步标准化流程，设计要平衡各项性能与成本。

第 5.3.5、5.3.10、5.3.11 条文详细规定了试配试验的搅拌要求、最小搅拌量以及必须测试的性能指标清单。通过模拟实际生产条件并对工作性、物理性能和力学性能进行全面检测，为验证配合比的可行性与稳定性提供了完整的实验依据，是实现从理论计算到实际应用的关键环节。

第 5.3.12、5.3.13 条文明确了基于试配结果择优选择并允许重新设计的原则，同时建立了根据现场原料土含水率变化调整配合比的机制，并提出了“开盘鉴定”要求。建立闭环的质量控制流程，保证配合比的经济合理性。

6. 施工

对流态固化土现场实际施工过程做出规定，具体包括施工准备、流态固化土的制备、现场填筑与养护过程。

6.1 施工准备

本节规定了流态固化土填筑施工前的各项准备工作，形成了从现场调查、方案制定到资源组织、技术验证的完整准备流程，为后续规范施工奠定基础。

6.1.1 施工前应踏勘施工现场，了解原料土的来源、材料的运输、设备的布置等，为制定施工方案提供详细准确的信息。

6.1.3、6.1.4、6.1.5 明确了施工设备与原材料应按计划进场并完成检验调试，同时规范了施工平面布置。这些要求保障了施工所需的人、机、料等资源及时到位且符合技术要求，为连续、高效施工提供物质基础，并通过合理的平面布置优化施工流程。

6.1.6 规定需对模板支撑体系进行验算，模板、支撑等的强度、稳定性验算时应考虑流态固化土在凝固前对模板和相关支撑面的侧压力。验算满足受力要求后方可施工。

6.1.7 针对流态固化土的浮力作用采取应对措施，同时规范了泵管设置和闭塞空间的排气要求。混凝土管自重较大，一般可不考虑抗浮措施，球墨铸铁管或塑料管等柔性管道在进行流态固化土浇筑施工时应考虑抗浮措施。抗浮措施包括两方面：

- ① 流态固化土初凝前，地下管线宜采取管内水体自重抗浮或分层浇筑原

则；

② 当现场条件不允许时,可采取管顶配重抗浮措施,配重体一般为袋装砂,也可钢筋绑扎的门子架,应沿管道均匀布置,配重抗浮措施所引起管挠曲变形值不得大于管道允许弹性挠度值。

6.2 制备

本节规定了流态固化土生产系统的设备配置与工艺要求。

6.2.1、6.2.2 明确了生产系统的基本构成,要求根据实际情况配置预处理、计量与专用搅拌设备。同时规定了不同原料土的差异化预处理工艺,旨在从源头保证原料的均匀性与适用性,为后续精确计量与均匀搅拌创造必要条件。

6.2.3、6.2.4 对物料计量精度、设备校准频率及搅拌方式作出强制性规定。要求使用强制式专用搅拌机并保证固化剂、原料土、水及外加剂等在规定时间内实现均匀分散。若搅拌不充分,易出现结团、泌水或强度离散等问题,影响浇筑质量与最终性能。专用设备的设计参数基于流态固化土高流动性、低屈服应力的物料特性确定,可保障生产的连续性 & 拌合物的稳定性。

6.2.5、6.2.6 确立了试生产制度与两种可行的生产组织模式。通过试生产对室内配合比进行实践验证与调整,确保生产配合比的可靠性。同时,标准兼顾了工程实际情况,允许采用集中搅拌站或移动式现场搅拌两种模式。流态固化土的生产方式需根据工程规模、施工条件及质量控制要求确定。专用搅拌站集中生产有利于配合比控制与质量稳定性,适用于量大点多的工程。移动式设备现场搅拌可减少运输距离,适用于分散、狭小或交通受限的作业面。

6.3 填筑与养护

本节规定了流态固化土填筑施工的全过程技术要求,形成了从基层处理到特殊气候应对的完整施工技术体系。

6.3.1~6.3.4 规定了填筑前的基层清理、标高处理及施工分段要求,明确了泵送和溜槽两种主要填筑方式。这些规定旨在为后续填筑作业创造规范的工作基面,并通过合理的施工组织与成熟的输送工艺,确保填筑作业的连续性与规范性。

6.3.5~6.3.7 确立了从搅拌到填筑完成的时间限值,规定了运输过程中的均匀性要求及浇筑前的流动度检测。这些基于材料特性的时间与性能控制,是防止拌合物性能劣化、保证其工作性满足填筑要求的关键措施,为核心施工环节的质量提供了过程保障。

6.3.8-6.3.9 规定了分层填筑的厚度控制、层间间歇时间及界面处理等关键技术参数，并系统明确了覆盖保湿养护的具体方法与持续时间。这些要求旨在控制填筑体内部质量，防止裂缝产生，并通过有效的养护工艺确保水化反应充分进行，从而保障填筑体的最终强度与长期耐久性。

6.3.10~6.3.11 针对冬期、雨期及高温施工提出了专项技术要求，规定了气温界限、防冻措施、温度控制及养护方法。此规定为应对不利气候条件提供了技术依据，通过针对性的材料调整与工艺控制，最大限度地降低环境因素对施工质量的不利影响。

7. 安全与环境保护

7.1 一般规定

本节规定了流态固化土工程施工在安全与环境保护方面的基本管理原则，构建了覆盖施工前评估、现场安全管控及生产过程环保的全过程管理体系。首先，条文规定施工前必须进行现场调研与专项风险评估，旨在预先识别安全隐患和环境影响，并制定针对性防控措施，从事前预防角度最大限度规避施工风险。同时，条文明确了现场安全管控的具体要求，包括设置醒目标志和对初凝前流态固化土实施专人看护，这一规定针对材料特性有效防范了人员陷落风险。此外，条文还对生产过程中的环保与职业健康提出明确要求，强调通过密闭、通风等工程措施加强防尘防噪管理，这既是对国家环保政策的响应，也是保障作业人员健康的必要举措。这些规定共同形成了从源头评估、过程控制到细节管理的完整技术链条，为安全文明施工提供了系统性保障。

7.2 施工安全

本节规定了流态固化土施工过程中的具体安全管理要求，形成了从人员教育、规范操作到机械安全管理与隐患排查的完整管控体系。首先通过安全技术交底与安全教育，确保所有施工人员明确安全风险与操作规程；同时要求严格遵守安全技术规程，规范作业行为；在机械操作方面，明确划定作业范围，保持安全距离，防范机械伤害事故；最后建立定期安全检查机制，重点排查用电、消防等隐患，并通过及时整改形成管理闭环。

7.3 环境保护

本节条文针对不同施工条件制定了差异化的环境保护措施。通过优先采用工厂拌和法从源头上减少城区施工环境影响，并分别规定了工厂生产和现场施工的

具体要求：工厂生产重点管控堆土扬尘和生产废水循环利用，现场施工则强调原料合理布置、覆盖洒水及设备环保达标，从而构建起涵盖施工方式选择、扬尘控制、废水处理和设备管理的全过程环境保护体系，形成有效的管理闭环。

8. 质量验收与验收

8.1 一般规定

本节规定了流态固化土填筑工程的质量检验与验收体系，确立了全过程、分层次的质量控制原则。首先规定了检验批的划分方法，通过主控项目与一般项目的分类，明确了材料、开盘鉴定及施工阶段的关键控制点与基本要求；同时规定当设计有特殊性能要求时，相应指标需升级为主控项目；针对厂拌模式明确了供需双方的质量责任划分，建立了出厂检验与交货检验的双重控制机制；最终确立了以交货检验为依据的质量判定原则，形成了完整的质量责任闭环。

表 2.2-3 流态固化土的检验项目

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、拌合水、外加剂
开盘鉴定	主控项目	资料检验和留置试块
	一般项目	拌合物湿密度、凝结时间、流动扩展度
施工	主控项目	抗压强度
	一般项目	拌合物湿密度、流动扩展度、泌水率
		施工现场条件检验
		养护检验
		标高检验

8.2 检验

本节规定了流态固化土填筑工程的全过程质量检验体系，建立了从原材料到实体工程的完整质量控制链条。

8.2.1-8.2.4 规定了固化剂、原料土、拌合水及外加剂等关键原材料的检验项目、抽样频率与检验方法，通过批次检验和性能验证确保材料源头的质量可靠性。

8.2.5 规定了首次配合比的开盘鉴定，通过验证凝结时间、流动扩展度等关键参数，确保配合比从理论设计到实际生产的有效转化。

8.2.6-8.2.10 对流态固化土的主要性能检验进行规定,包括强度试件的制作与养护、流动扩展度和湿密度的抽样检验、基层清理与养护条件检查。

8.2.11 规定了填筑完成后的标高验收标准。

8.3 验收

本节规定了流态固化土填筑工程的验收标准与程序,明确验收需以完整的质量控制资料为基础,通过核查设计文件、施工记录及检测报告等形成完整资料链条;确立了以强度验收为核心的多路径评定体系,涵盖标准养护试件、同条件养护试件及现场钻芯取样三种情形,并针对特殊养护条件设定强度修正系数;同时规定当设计有专项指标要求时需进行专项验收,最终通过主控项目全数合格、一般项目合格率达标的质量评定准则形成验收闭环,构建了资料完整、强度达标、专项合格、程序规范的完整验收体系。

9. 附录 A~附录 E

对流态固化土的流动扩展度、拌合物泌水率、立方体抗压强度、实体钻芯取样抗压强度的测试方法以及流态固化土填筑验收记录表做出规定。

2.3 重点工作及需要研究的内容

(一) 调研国内外相关文献,了解流态固化土的原材料和性能要求。通过分析已有标准、规范和技术要求,找出当前的技术空白和难点,为流态固化土的应用提供理论依据。

(二) 预拌流态固化土已有部分地方标准、协会团体标准立项,本标准是对行业标准的补充,进一步填补行业标准在上述预拌流态型固化回填材料在建设工程应用技术规程的欠缺。

(三) 进行重点内容的验证试验,明确流态固化土原料、配合比设计及质量控制与验收三个方面:

1、原料中用于配置流态固化土的渣土、建筑垃圾等一般工业废弃物的关键指标的确定。试配的流态固化土应满足相关性能要求,确定适合配置流态固化土的渣土和建筑垃圾等一般工业废弃物的种类及要求。

2、配合比的设计流程。不同于混凝土设计流程,本标准将结合渣土原料的不同,以粘性土泥浆比重和砂性土掺比的砂率为控制指标,有针对性地制定流态固化土的配合比设计过程,指导以各种固废制备流态固化土。

3、质量控制与验收。对比研究常规回填材料与流态固化土在力学性能、渗

透性能、变形特征之间的关系，在已有资料的基础上，提供各种工况下的流态固化土的质量控制与验收要求。

（四）结合文献调研、工程调研和验证试验的结果，编制行业标准《预拌流态固化土应用技术规范》，确保标准内容具有科学性、普适性和可操作性。

（五）广泛征求行业专家、学者以及工程实践者的意见。通过组织技术专家座谈会，详细讨论草案的可行性和适用性，针对标准条文的细节部分进行优化调整。同时，还将通过定向征求专家意见，收集不同专家对标准的意见和建议，进一步完善标准内容，为行业提供一套具有广泛适用性的技术规范。

三、工程验证情况

流态固化土因其良好的流动性与固化后的工程性能，在建筑、市政、轨道交通、道路等领域的填筑工程中得到了广泛应用。不同应用场景对材料的技术指标要求各异，标准编制单位通过系统研究，确定了针对性的基本技术指标与配套施工工艺，并成功完成了一系列示范工程。

（1）建筑工程肥槽回填

房建工程肥槽回填是充分利用肥槽开挖后的地基土，在掺入一定比例的固化剂、水之后，通过特定的搅拌机进行拌合均匀，形成具有流动性、可施工性的加固材料，用于各类肥槽的回填浇筑。肥槽回填技术具有绿色环保、经济友好、性能优良、工期可控等优点，主要表现在以下方面：

- ① 材料环保：所有材料均进行环保检测，无毒无害；施工环保：直接泵送，施工中无扬尘、无噪音；理念环保：固废资源综合利用，减少弃置；
- ② 造价低廉、无需人工碾压、节约成本；
- ③ 流动性高满足施工填筑及泵送要求、强度可调、密实度高、体积稳定性和耐久性好；
- ④ 施工浇筑效率高，浇筑 1 天后可上人。

该技术施工工艺为：检验土质→配比试验→检验固化剂→确定固化剂的配比→确定优化配比→浆液搅拌→运输→清理槽底→分层浇筑→养护→施工完毕。

房建工程肥槽部位的流动值宜在 180mm~250mm 之间，拌合物密度不宜小于 1400kg/m³。实际工程中，以上参数应根据原材料的性能适当调整固化材料的种类及掺量，并通过现场试验最终确定。

房建工程肥槽回填技术在南京已应用于 50 余个大型居建和公建项目，如对

中建八局第三建设有限公司肥槽回填项目供应多达七万多方量、对南京芯片之城科创基地项目肥槽回填项目供应多达一万多方量、对江苏长升建设工程有限公司肥槽回填项目供应多达一万多方量等等，在实际应用工程中满足技术设计要求，符合验收标准。



图 3-1 建筑构筑物基槽（肥槽）回填

（2）城市轨道交通工程地下车站顶板回填

顶板回填是指在地下工程（如隧道、地下室或其他地下结构）施工中，对于已经完成顶板结构部分的回填作业。顶板回填的目的是保证结构的稳定性、防止沉降，并且为后续的施工或设备安装提供基础。顶板回填的施工流程和技术要点如下：

- （1）详细分析设计图纸，理解设计意图，了解工程规模，掌握工期要求，编制施工组织计划；
- （2）根据设计要求，进行配合比设计，应考虑适宜的工作性能、足够的强度、稳定性和耐久性；
- （3）流态固化土回填施工前，应对现场施工场地条件、交通运输条件和环境条件等进行调查；
- （4）流态固化土回填施工前，应清除顶板工作面上的异物及大范围积水；
- （5）流态固化土回填时，现场应进行流动值测试并进行抽样。
- （6）每一层填筑完成后，应在表面自由水消失前及时覆盖塑料薄膜养护，进行上一层填筑时应撤除养护薄膜。

综合室内试验、现场应用、经济型对比等结果，提出兼顾性能与经济的顶板回填用流态固化土质量控制指标，湿密度 $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$ ，流动扩展度 160~220mm，28 d 抗压强度不低于 0.3MPa，渗透系数 $\leq 10^{-7} \text{ cm/s}$ ，泌水率 $< 1\%$ 。实际工程中，

以上参数应根据原材料的性能适当调整固化材料的种类及掺量,并通过现场试验最终确定。

该技术已在多条地铁顶板回填使用,经济效益显著。典型工程如南京地铁 5 号线诚信大道站、南京地铁 5 号线九龙湖站、南京地铁 5 号线福建路站、南京地铁 9 号线白云亭站、南京地铁 9 号线绿博园站、南京地铁 9 号线三汊河站、南京地铁 9 号线龙江站、南京地铁 9 号线清江南路站、南京地铁 3 号线秣陵街道站、建宁西路江南东延工程等。



图 3-2 城市轨道交通工程地下车站顶板回填应用

(1) 城市更新管网改造工程沟槽回填

传统的管网改造中,管沟一般采用级配碎石或中粗砂进行回填,经过多年的各地区管道工程实践经验可以得出,这些回填方式有以下缺点:1.压实难度高,压实度常达不到规范要求,地基不均匀沉降时有发生;2.综合单价高,不经济;3.环保性差,严重依赖砂石资源开采,违背“绿水青山”理念。因此,继续寻求一种新型材料替代,也即流态固化土。

该技术是将土、固化材料和水通过特定的搅拌设备拌合均匀(一般采用厂拌形式,质量可控),并用罐车运至施工现场,挖掘机辅助罐车直抛浇筑回填,或采用泵送回填均可,无需振捣和压实,自流平,自密实,大大节省人力资源及工期,经多个项目现场验证,流态固化土施工便捷,性能满足设计要求。同时,由于强度可控,反开挖性好,便于后期管道维护。

综合室内试验、现场应用、经济型对比等结果,提出兼顾性能与经济的顶板回填用流态固化土质量控制指标,湿密度 $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$,流动扩展度不低于 140mm,28 d 抗压强度不低于 0.8MPa,渗透系数 $\leq 10^{-3} \text{ cm/s}$,泌水率 $< 1\%$ 。实际工程中,以上参数应根据原材料的性能适当调整固化材料的种类及掺量,并通过现场试验

最终确定。

该技术已应用于多个管网回填项目，取得了良好的经济、社会、环境效益。典型工程如：中船绿洲地块绿洲路等六条道路工程、钟山管网修复项目、岱山保障房配套排水工程、龙山北路管道包封项目、园西路管廊排管项目、仙林污水系统管网排查-专项整治第四批工程等。



图 3-3 电力、供水、污水和煤气等管道回填，广泛用于城市更新改造项目

（4）市政工程流态固化土路基填筑

流态固化土用于填筑路基、管道回填及改良土壤等工程。通过特定的配比和工艺，将多源固废转化为具有高流动性、自密实性和良好的工程性能的流态固化土，用于公路加宽改建工程中的中间分隔带回填、桥台台背回填及基槽回填等难以压实或施工空间狭小的工程部位。

综合室内试验、现场应用、经济型对比等结果，提出兼顾性能与经济的路基填筑用流态固化土质量控制指标，湿密度 $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$ ，流动扩展度不低于 140mm，泌水率 $< 1\%$ ，（城市快速路、高速公路一级公路、主干路类）路床填筑 28 d 抗压强度不低于 0.8MPa，路堤填筑 28 d 抗压强度不低于 0.6MPa；（其他等级公路类）路床填筑 28 d 抗压强度不低于 0.6MPa，路堤填筑 28 d 抗压强度不低于 0.5MPa。实际工程中，以上参数应根据原材料的性能适当调整固化材料的种类及掺量，并通过现场试验最终确定。

该技术适用于中间分隔带回填、道路拓宽路基、桥台台背回填及基槽回填等难以压实或施工空间狭小的工程部位。已应用于江苏、浙江、山东等省市的数十项建筑工程，取得了良好的经济、社会、环境效益。典型工程如 G312 国道镇江句容段改扩建工程 G312-JR3 标段管道回填及路基填筑相关工程项目。



图 3-4 交通工程桥台、涵背、路基等流态固化土回填

同时，该技术还应用在柯诸高速工程中填筑地面道路拼宽路基，施工长度为 4.08m（两侧拼宽）。本项目所采用的流态固化土具体指标：24h 和 28 天标准立方体无侧限抗压强度分别为为 0.35MPa、1.86MPa；动态回弹模量 330MPa；28 天试样水稳系数 91%。该项目共消纳约 11.32 万 m^3 工程渣土（含工程泥浆），工程总节约费用高达 1000 余万元。



图 3-5 柯诸高速工程中流态固化土填筑道路拼宽路基

四、标准涉及专利的情况

本标准制定过程中不存在涉及相关专利的情况。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益情况

1、产业化情况：

目前，国家大力提倡“双碳”目标、“无废城市”建设、“绿色循环可持续发展”等需求。同时，近年来国家相继颁布了有关减碳、固废资源化处理的政策性文件。2024 年中共中央国务院颁布了《中共中央国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》，文中提及到强化固体废物和新污染物治理，加快“无废城市”建设，推动实现城乡“无废”；2016 年国务院颁布了《国家重点支持的高新技术领域(2016 年)》《“十三五”国家科技创新规划》，文中提及到大力发展建筑垃圾的分类与再生料处理技术、建筑废弃物资源化再生关键技术、新型再生建筑材料应用技术等。

固体废弃物资源化处理方式包括生产环保砖、机制砂、再生骨料等再生产品。但是，传统资源化利用方式存在消纳量较少、消纳周期长等缺点。然而，采用化学处理方式可以规避传统资源化处理方式的缺点。化学处理方式是指由各类基料进行筛分、破碎改性、拌合、运输。可用于地下工程构筑物填筑工程，包括市政管廊的基槽回填、市政管网埋设的回填、建筑物深基坑的回填、市政工程对质量要求较高部位的回填、狭窄或异形空间的回填等。

编制行业标准《预拌流态固化土应用技术规范》对于促进工业固废资源化利用的产业化发展具有重要作用，主要体现在以下几个方面：

推动技术进步：标准的制定将推动企业在预拌流态固化土的制备及应用方面的技术创新。不仅有助于提高流态固化土的性能，还能够进一步降低生产成本，推动行业在固废利用的技术进步。

提高市场认可度：制定行业标准将为预拌流态固化土在不同工程场景的应用提供权威性保障，增强市场对其应用效果和性能的信任，促使更多的建筑商、工程单位和设计单位认可预拌流态固化土的应用价值。这将推动市场的接受度，促进预拌流态固化土在更大规模的项目中得到应用。

规范产品使用：有助于规范预拌流态固化土在不同工程场景的应用，明确流态固化土材料质量要求、使用掺量及混凝土配合比设计及施工工艺。通过制定统一的技术规范，能够指导生产企业和施工单位在实际应用中遵循标准要求，从而提升预拌流态固化土的质量，确保其在不同工程环境下的适用性和耐久性，推动其广泛应用。

促进资源回收与环保：随着行业标准的实施，预拌流态固化土的生产和应用将逐步规模化，有效推动工业固废的回收利用，符合绿色低碳和可持续发展的战略目标。

推广应用论证：

通过文献调研和验证试验，已表明预拌流态固化土的强度可控、高流态、自密实。低渗透性等优点，且成本低；同时，预拌流态固化土可以消纳工程渣土、工程泥浆等建筑垃圾，避免了工程渣土堆积而产生的环境污染。因此，推广预拌流态固化土在不同工程场景中的应用，不仅符合行业发展的需求，还有助于推动绿色建材的普及。

预期达到的经济效益情况：

通过规范，将为工程渣土、工业固废、建筑废弃材料的资源化利用、固化技术的地方性普及、及类似工程的质量验收提供标准规范和技术支持，完善原料的筛选、质量安全管理的内容，对提高工程项目管理水平，提高回填质量，减少渣土外弃均有十分重要的意义，符合工程建设材料高性能化、绿色化、低碳化方向的总体战略要求，响应广大相关企业经营者的呼声，可以填补流态固化土工程应用的地方标准空白，从地方标准层面上对流态固化土的技术指标及施工应用等进行规定，确保工程质量，产生技术、经济 and 环境的综合多赢效应，社会和经济效益显著。

六、采用国际标准和同外先进标准的情况

在编制《预拌流态固化土应用技术规范》过程中，我们注意到国际上尚无专门针对“预拌流态固化土”这一材料的完整技术标准。目前，国际上相关技术要求和试验方法散见于岩土工程设计通则和部分材料试验方法标准，例如：ASTM D698 土壤压实特性试验（适用于固化土的压实度检测）、ASTM D2166 无侧限抗压强度试验（用于固化土力学性能评估）、ASTM D5084 渗透性试验（评估固化土抗渗性能）、EN 1997-1 欧洲岩土工程规范。表 6-1 分析了本部标准与国外主要相关标准的差异。

表 6-1 柯诸高速工程中流态固化土填筑道路拼宽路基

对比 维度	本部标准	ASTM 系列标准	EN 1997-1
----------	------	-----------	-----------

覆盖 环节	全链条覆盖：材料、配合比设计、生产施工、质量检验与验收。	局部环节：主要规定单一性能的试验方法，如压实度、无侧限抗压强度、渗透性。	设计主导：核心是岩土工程的通用设计原则，如极限状态设计法、作用与抗力、设计情境。
应用 场景	场景具体化：直接针对建筑工程肥槽、管廊回填、道路路基等具体场景，规定差异化技术指标。	材料基础测试：不针对特定工程场景，提供的是评估土类材料基本物理力学性能的通用试验方法。	场景广泛普适：适用于建筑与土木工程岩土设计（如基础、挡土墙、边坡稳定），是高层级的通用规范，不针对流态固化土这一特定材料。
材料与 工艺	系统规定：对原材料（原料土、固化剂、外加剂）品质、配合比设计方法、专用搅拌设备、生产施工流程、养护等有具体工艺要求。	未作规定	未作规定
质量 保证	全过程控制：规定了从原材料进场、生产、施工到最终验收的全过程质量控制体系和验收标准。	仅限于试验方法本身的质量控制。	侧重于通过计算和观测保证设计可靠性，对施工质量控制和验收的规定较为宏观。
环保与 资源化	明确要求：强调利用工程渣土、建筑垃圾等，并涉及环保指标（如重金属浸出），呼应绿色建筑要求。	未作规定	未作规定

通过对比可以看出，ASTM D698《土壤压实特性试验》、ASTM D2166《无侧限抗压强度试验》、ASTM D5084《渗透性试验》均为单一性能的试验方法标准，仅规定了固化土相关性能的检测流程（如压实度、抗压强度、渗透性的测试步骤），其核心作用是提供试验操作依据，未涉及流态固化土的材料组成、配合比设计方法、不同工程场景的适配性指标、施工工艺及质量验收标准等全流程技术内容。

本部标准与 EN 1997-1 在应用场景和规范层级上存在根本不同。本部标准是面向具体材料和工法的应用技术规范。明确规定的是预拌流态固化土这一特定材料及其在回填、路基、护岸等特定场景的应用，技术规定具体、可直接操作。EN

1997-1 是岩土工程设计的“基础通用规范”。它不规定具体材料，而是为各类岩土结构（如地基、边坡、挡墙）的设计提供普适性的安全原则、计算方法和安全系数。它位于标准体系的顶层，其下方可引用更多具体材料和在欧洲各国实施的指南。

七、与现行标准的协调性情况

现行预拌流态固化土相关标准有：

- （1）ASTM D698 土壤压实特性试验（适用于固化土的压实度检测）
- （2）ASTM D2166 无侧限抗压强度试验（用于固化土力学性能评估）
- （3）ASTM D5084 渗透性试验（评估固化土抗渗性能）
- （4）EN 1997-1 欧洲岩土工程规范
- （5）《土壤固化剂应用技术标准》CJJ/T 286-2018
- （6）《软土固化剂》CJ/T 526-2018
- （7）《预拌流态固化土填筑技术标准》T/CECS 1037-2022
- （8）《自密实固化土填筑技术规程》T/CECS 1175-2022
- （9）《工程余泥渣土制备固化土应用技术规程》T/CECS 1480-2023
- （10）《固体废弃物固化土混合料应用技术规程》T/CECS 1542-2024
- （11）《道路工程固化土试验方法标准》T/CECS 1757-2024
- （12）《道路固化土应用技术规程》T/CECS 737-2020
- （13）《预拌流态固化土填筑工程技术标准》T/BGEA 001-2019
- （14）《泥态固化土道路填筑技术规程》DB12/T 1179-2023
- （15）《预拌流态固化土回填技术规程》DB13/T 5821-2023
- （16）《固化土集流面工程技术规程》DB15/T 403-2024
- （17）《预拌流态固化土工程应用技术标准》DBJ51/T188-2022
- （18）《预拌流态固化土填筑技术规程》DB1310/T298-2023

经过调研，目前还没有有关预拌流态固化土应用的国家或行业标准。本标准是在文献、工程调研及验证试验基础上，参考以上相关标准编制而成，标准技术指标先进与其他标准协调性好。与相关的强制性标准无冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制订过程中对具体指标和内容没有重大分歧

九、标准性质的建议说明

建议作为建材行业推荐标准实施。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议在本标准正式发布后，针对预拌流态固化土材料生产企业及搅拌站、设计单位、施工企业、检测单位等进行宣贯。具体实施措施建议补如下：

（1）加大标准宣传力度，提高认知度，建立信息公共平台，将有参考价值的案例、好的做法和经验等在行业内部公开发布，引起有关部门领导和相关企业单位的重视，使相关单位能够积极主动的购买标准和资料、参加培训、结合本单位实际情况学习研究标准并准备贯彻实施标准。

（2）标准归口单位进行贯标指导，组织标准宣贯培训班，由标准制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业排忧解难，组织有关人员积极参加行业协会组织的各项活动，培训班等。及时了解标准制、修订信息。

（3）鼓励行业相关企业或项目部成立标准贯彻实施小组，组员由技术负责人、质量负责人、标准化技术人员、设计人员、质检人员、施工技术人员等技术相关工作人员组成，进行明确的分工合作，适时组织标准宣贯会，使有关人员拥有标准、了解标准、熟悉标准，执行标准。

（4）标准化技术人员全面负责贯标实施工作，跟踪服务对贯标中出现的的技术问题进行协调处理作好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其它应予说明的事项

无。
