

ICS 93.080

CCS P 66

DB 36

江 西 省 地 方 标 准

DB36/T 2169—2025

公路工程固化土应用技术规范

Technical specification for application of solidified soil in highway
engineering

2025 - 08 - 27 发布

2026 - 03 - 01 实施

江西省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

公路工程固化土应用技术规范 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 土料 3

 4.3 固化剂 3

 4.4 外加剂 4

 4.5 水 4

5 原位固化土 4

 5.1 一般规定 4

 5.2 组成设计 4

 5.3 施工 6

 5.4 质量控制与验收 7

6 流态固化土 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 组成设计 7

 6.3 施工 9

 6.4 质量控制与验收 10

7 碾压固化土 11

 7.1 一般规定 11

 7.2 组成设计 11

 7.3 施工 13

 7.4 质量控制与验收 17

附录 A（规范性） 立方体抗压强度测试方法 19

附录 B（规范性） 流态固化土流动度测试方法 20

附录 C（规范性） 水稳定性能测试方法 21

附录 D（资料性） 流态固化土填筑记录 22

前 言

本文件按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。

本文件由江西省交通运输厅提出。

本文件由江西省交通运输标准化技术委员会（JX/TC 014）归口。

本文件起草单位：江西省公路学会、江西路道环保科技有限公司、江西科力咨询监理有限公司、南方高科工程技术有限公司、江西省固废资源道路化综合利用技术工程研究中心、江西赣粤高速公路股份有限公司、鹰潭市公路事业发展中心、江西省交通工程集团有限公司。

本文件主要起草人：黄海清、谢军、李想、王力骋、李强、徐绍婷、熊忠皇、习明星、余小晴、黄结友、蔡建明、姜龙水、辜荣华、万韦华、张伟、夏雨清、朱新华、李吴刚。

公路工程固化土应用技术规范

1 范围

本文件规定了公路工程固化土应用的材料、组成设计、施工工艺、质量控制与验收的要求。

本文件适用于二级及以下公路基层的设计与施工，同时也适用于各等级公路的路基及软基处理设计与施工，其他道路可参照执行。

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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 2611 试验机 通用技术要求
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- JTC C20 公路工程地质勘察规范
- JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
- JTG D30 公路路基设计规范
- JTG/T D31-02 公路软土地基路堤设计与施工技术细则
- JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- JC/T 237 混凝土试模
- JC/T 479 建筑生石灰
- JC/T 481 建筑消石灰
- JTG 3430 公路土工试验规程
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- CJ/T 486 土壤固化外加剂

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土料 soil

未经处理的原状土、工程弃土、淤泥、泥浆。

3.2

固化剂 solidifying agent

加入土料中，对其进行固化稳定，提高其强度，改善其物理力学性能的助剂。

3.3

固化土 solidified soil

由土料、固化剂与水按比例均匀拌和而成，经过碾压、养生或凝固后物理力学性能能达到公路工程应用要求的混合料。

3.4

原位固化土 in-situ solidified soil

通过强力搅拌设备将固化剂就地搅入原状土中，经刮平、养护等工艺后使原状土凝结成具有结构性强度的固化土，适用于公路地基处理。

3.5

流态固化土 fluid solidified soil

将固化剂与土料均匀搅拌后形成的具有一定流动性和可浇筑性，且经自然养护后能凝固成具有一定强度和抗水性的固化土，适用于路床及路堤的填筑以及原状软弱地基土的换填。

3.6

碾压固化土 rolled solidified soil

经拌合、碾压工艺成型，养护后形成具有一定压实度、强度和抗水性的固化土，适用于路面基层及路基。

3.7

立方体抗压强度 unconfined compressive strength of cubic sample

浇筑法制备的立方体试样，经标准养生后，在无侧限条件下测得的单位面积抵抗轴向压力的最大值。

3.8

流动度 flowability

用特定开口模具测得的流态固化土在自重作用下的流动宽度，反应流态固化土的流动性与可泵送性。

3.9

水稳定性系数 water stability coefficient

反应碾压固化土抗水性的指标，指标准养生6d、再浸水养生1d固化试样，与标准养生7d试件的圆柱体抗压强度之比。

3.10

水稳定性系数比 ratio of water stability coefficients

反应液体固化剂对碾压固化土抗水性改良效果的指标，指添加和不添加液体固化剂的基准试件水稳定性系数之比。

4 材料

4.1 一般规定

- 4.1.1 原材料应按相关试验规程及标准进行检测，经评定合格后方可使用。
- 4.1.2 不同批次的材料应分别取样检测，相同料源、规格的土料可作为同一批次材料进行检测与储存。
- 4.1.3 固化土的应用应符合国家有关安全、环保的规定。

4.2 土料

- 4.2.1 土料应开展颗粒分析、有机质含量等试验检测，并满足表 1 的技术要求。

表1 土料的技术要求

检测项目	技术标准	试验方法
最大粒径（mm）	原位固化土≤50	JTG 3430 T0115
	流态固化土≤5	
	基层碾压固化土≤30（厂拌法≤15）	
	路基碾压固化土≤40	
有机质含量（重量比，%）	≤10	JTG 3430 T0151
液限（%）	≤50	JTG 3430 T0118
塑限（%）	≤24	
塑性指数	≤26	
注1：超粒径土可以在破碎后使用。		
注2：有机质含量低于5%的土料可不做有机质降解处理使用；有机质含量高于5%尚不超10%的土料应先利用石灰进行不少于24h的闷料预处理。		

- 4.2.2 含水率较大或有机质含量大于 10%的腐殖质土、淤泥质土、泥炭质土等特殊土体经过无害化处理和固化试验符合技术要求的，可作为土料利用，土料污染物控制限制应符合 GB 36600 的有关规定。

4.3 固化剂

- 4.3.1 固化剂按形态分为粉体固化剂与液体固化剂，应结合工程需要选用合适的固化剂，固化剂的分类见表 2。

表2 固化剂的分类

形态	类型
粉体	水泥、石灰、粉煤灰、矿渣微粉等
液体	高聚物类、离子类、生物酶类等

- 4.3.2 固化剂性能应符合 CJ/T 486 的有关规定，其中粉体固化剂的初凝时间应不低于 45min，终凝时间应不超过 600min。
- 4.3.3 应结合工程需要采用一种或多种固化剂对土料进行固化，使用液体固化剂时，必须同时采用至少一种粉体固化剂对土料进行复合固化。
- 4.3.4 粉体固化剂涉及水泥时，宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，水泥强度等级宜为 42.5 级，不宜采用 52.5 及更高强度等级水泥。水泥应符合 GB 175 的有关规定。不应使用快硬水泥、早强水泥。
- 4.3.5 粉体固化剂涉及石灰时，应采用生石灰粉或消石灰，并应符合 JC/T 479 和 JC/T 481 的有关规定。
- 4.3.6 粉体固化剂涉及粉煤灰时，所用材料应符合 GB/T 1596 的有关规定。

4.3.7 粉体固化剂涉及矿渣微粉时，所用材料应符合 GB/T 18046 的有关规定。

4.4 混凝土外加剂

4.4.1 外加剂包括早强剂、缓凝剂、泵送剂、减水剂等，用于调控固化土和易性及力学性能。

4.4.2 外加剂的技术要求应符合 GB 50119 的要求。

4.5 水

4.5.1 拌合用水应符合 JTG/T F20 的规定。

4.5.2 符合现行 GB 5749 规定的饮用水可直接作为固化土材料拌合与养生用水。

5 原位固化土

5.1 一般规定

5.1.1 当天然地基土无法满足公路工程所需的强度、承载力、沉降及其它要求，必须进行人工处理时，可以采用原位固化土技术进行就地固化处理。

5.1.2 原位固化土一般采用湿法工艺，由强力搅拌设备结合高压喷送固化剂浆液的方式进行，处理深度不宜大于 7m。当处理深度不大于 1.5m 且具备挖掘机拌合条件时，也可以采用挖掘机原位拌合。

5.1.3 原位固化设计应满足地基承载力、沉降和稳定性要求，并应符合 JTG D30 和 JTG/T D31-02 的相关规定。

5.2 组成设计

5.2.1 性能指标

5.2.1.1 应根据道路等级、交通荷载、原状土料的工程性质、工程要求、施工条件、环保要求及经济效益等进行综合比较，确定固化深度、固化设计指标及固化处理方案。

5.2.1.2 根据地基承载力要求反算固化处理后土体的抗压强度指标，并开展配合比试验。根据本文件附录 A 制备试件并检测抗压强度指标，其中以 90d 立方体抗压强度表征固化后土体的强度，并根据下式 (1) 或表 3 进行折减后作为配合比试验的强度设计值。

$$f_a = \xi \cdot f_{90} \dots\dots\dots (1)$$

式中： f_a ——地基承载力设计值 (kPa)
 ξ ——强度折减系数，取 0.60~0.85，拌合均匀性越好则取值越高
 f_{90} ——90d 立方体抗压强度值 (kPa)

表3 强度与地基承载力的对应关系

地基承载力 f_a (kPa)	90d立方体抗压强度值 f_{90} (kPa)					
	强度折减系数 ξ					
	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85
50	83	77	71	67	63	59
80	133	123	114	107	100	94
100	167	154	143	133	125	118
150	250	231	214	200	188	176

表 3 强度与地基承载力的对应关系（续）

地基承载力 f_a (kPa)	90d立方体抗压强度值 f_{90} (kPa)					
	强度折减系数 ξ					
	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85
200	333	308	286	267	250	235
300	500	462	429	400	375	353

5.2.1.3 地基承载力无明确设计指标时，应符合下式(2)的规定：

$$f_a \geq p_z + p_{cz} \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中： f_a —地基承载力设计值 (kPa)
 p_z —相应于荷载效应标准组合时，原位固化层底面处的附加应力 (kPa)
 p_{cz} —原位固化土层底面处的自重应力 (kPa)

5.2.1.4 原位固化土层底面处的附加应力应依据应力扩散理论，按下式(3)计算。

$$p_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2z \cdot \tan \theta} \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中： p_z —相应于荷载效应标准组合时，原位固化层底面处的附加应力 (kPa)
 p_k —相应于荷载效应标准组合时，路基底面处的平均压力设计值 (kPa)
 p_c —路基底面处的自重应力 (kPa)
 b —路基底面宽度 (m)
 z —原位固化土层的厚度 (m)
 θ —压力扩散角 (°)，取 28° ~ 45°，无设计资料时取值宜通过试验确定

5.2.1.5 原位固化层宽度 b' 按式(4)计算确定，路基底面单侧外延伸不小于 1.0m。

$$b' \geq b + 2z \cdot \tan \theta \cdots \cdots \cdots (4)$$

式中： b' —原位固化土层宽度 (kPa)
 b —路基底面宽度 (m)
 z —原位固化土层的厚度 (m)
 θ —压力扩散角 (°)，取 28° ~ 45°，无设计资料时取值宜通过试验确定

5.2.2 配合比设计

5.2.2.1 以立方体试件的 90d 抗压强度表示固化土体的强度,强度需满足地基的目标承载力设计要求,如不便测试试件的 90d 强度，也可基于下式(5)由试件的 28d 强度推算。

$$f_{90} = \eta \cdot f_{28} \cdots \cdots \cdots (5)$$

式中： f_{90} —90d 立方体抗压强度值 (kPa)
 η —强度增长系数，取 1.25~1.60
 f_{28} —28d 立方体抗压强度值 (kPa)

5.2.2.2 明确试件的 90d 强度或 28d 换算强度指标后，应再按施工设备、搅拌的均匀性等指标取 0.6~0.85 的折减系数反算室内原位固化土试件的抗压强度作为最终的抗压强度设计值，采用挖掘机原位拌合时，在配合比设计阶段应选择较低的折减系数。

5.2.2.3 原位固化土室内配合比试验应按下列步骤进行：

- a) 对软土进行取样检验,根据软土的种类和性质,判断是否适用原位固化技术,若适用再确定固化剂类型,最后结合强度设计要求与厂家推荐值,确定固化材料基准掺量。其中,软土按 JTC C20 的规定进行分类,适用原位固化技术的软土种类为淤泥以及淤泥质土;
- b) 原位固化土一般会单独使用粉体固化剂或复合使用粉体固化剂及液体固化剂,固化剂适用条件如下:
 - 1) 水泥、粉煤灰、石灰、石膏、矿渣微粉等粉体固化剂适用于淤泥质土的固化处治;
 - 2) 粉体+离子类复合固化剂宜用于淤泥的固化处治;
 - 3) 当处理有机质含量 $>5\%$ 的软土时,粉体固化剂宜优选石灰;
- c) 无特殊要求,可视承载力要求和现场土料的含水率情况,粉体固化剂掺量可初步取为湿土重的 $3\%\sim 7\%$;
- d) 需掺加液体固化剂时,液体固化剂的掺量宜在湿土重的 $0.01\%\sim 0.05\%$,具体掺量应根据试验结果确定;
- e) 配合比试验应至少采用三组,其中一组配合比为基准值,另外两组配合比在基准值的基础上分别增加和减少 $1\%\sim 2\%$ 的固化材料用量;
- f) 依据本文件附录 A 完成立方体抗压强度测试,并进行配合比调整与确定。

5.3 施工

5.3.1 施工前应应对施工场地与条件进行调查,明晰场地的水文地质及施工气候条件,设备进场前应出具详细施工方案。

5.3.2 正式施工前,应依据 JTG/T 3610 对拟处理场地进行清表和放样处理,处理过程应抽排表层浮水。正式施工前宜进行现场试验,在试验段进行试搅拌验证方案可行性,必要时进行相应调整。

5.3.3 结合现场情况对场地进行划分,一般情况下,区域划分的尺寸宜为 $5\text{m}\times 6\text{m}$,每个区块的面积应在 10m^2 到 30m^2 之间,根据试验确定的固化材料施工配合比及固化区块处理范围,确定各固化区块的固化剂用量。

5.3.4 施工设备、器械以及固化剂应按施工方案组织施工进场,并提前做好安装和调试。

5.3.5 正式施工宜采用强力搅拌设备施工,设备通常包括强力搅拌头、挖掘机以及固化剂供应设备,相应的器械设备应能满足设计的工作效率,工作效率无明确设计指标时,可参照 5.3.6 条执行。

5.3.6 原位固化土施工应参照下述工艺执行:

- a) 翻挖软土:开挖的具体高度应根据地基承载力要求确定;
- b) 固化剂供应:固化剂宜按设计配合比提前调制成浆剂再喷送,制备好的浆剂不得离析,不得长时间放置,超过 2h 的浆剂应废弃,喷送效率控制在 $80\text{kg}/\text{min}\sim 150\text{kg}/\text{min}$,如直接喷送粉剂,则喷送效率控制在 $100\text{kg}/\text{min}\sim 200\text{kg}/\text{min}$;
- c) 拌合:采用强力搅拌头拌合时,应上下往复搅拌并按规划区域逐渐行进,往复频率不小于两次、效率控制在 $0.1\text{m}/\text{s}\sim 0.3\text{m}/\text{s}$ 。每个搅拌临近搅拌区之间应设置不小于 10cm 的搭接搅拌区;
- d) 预整平:每个区块作业结束后应立即使用挖掘机进行预整平作业。

5.3.7 正式作业前宜根据现场情况开展工艺性试拌试验,如有必要依据试验情况进行相应调整。

5.3.8 实际作业时,应在施工现场选取有代表性的位置留取 $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 伴随试件,伴随试件同现场条件养护。

5.3.9 施工作业应避开雨天,宜避开高温和低温时段,作业时环境温度不宜超过 35°C 、不宜低于 5°C 。当高温水分蒸发过快时,应在施工作业面采取挡风、遮阳、及时覆盖塑料膜等措施;当环境温度低于 5°C 时应进行试验论证固化方案的可行性。

5.3.10 对固化场地应进行养生,养生周期宜在 7d 以上,养生时遇雨水天气应对场地覆膜并加强排水。

5.4 质量控制与验收

- 5.4.1 原位固化土作为路基分项工程验收时，应提供下列文件和记录：
- a) 工程设计文件应包括图纸及设计变更文件等；
 - b) 原材料质量合格报告；
 - c) 原材料检查或试验记录；
 - d) 工艺性试验报告；
 - e) 固化施工记录；
 - f) 伴随试件检测报告。
- 5.4.2 就地固化处理的各分项工程应按本文件的质量控制要求进行施工质量管理，各分项工程完成后应进行自检、交接检验，并形成记录文件，经监理工程师验收合格后，方可进行下一分项工程的施工。
- 5.4.3 公路软土地基原位固化土施工质量验收除应符合本文件规定外，还应满足 JTG F80/1 的相关规定。
- 5.4.4 原位固化土施工的实测项目应符合表 4 的规定：

表4 原位固化施工检测项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	固化剂掺量(%)		设计值的 (0, +0.5)	查施工记录
2	固化深度(%)		±5%	钻芯取样或静力触探确定，每3000m ² 或每300m测试点不少于3处
3	强度(kPa)	不排水抗剪强度	符合设计要求	十字板剪切试验，每3000m ² 或每300m测试点不少于3处
4	(二选一)	静力触探锥尖阻力	符合设计要求	静力触探试验，每3000m ² 或每300m测试点不少于3处
5	承载力(kPa)		符合设计要求	荷载板试验，每3000m ² 或每300m测试点不少于1处
注：检测项目中3、4、5为关键项目，其余检测项目为一般项目。				

5.4.5 依据设计要求，实测项目为关键项目时，其合格率不得低于 95%，实测项目为一般项目时，其合格率不得低于 80%，否则该检查项目为不合格。

6 流态固化土

6.1 一般规定

- 6.1.1 在满足设计指标的情况下，流态固化土可应用于路床及路堤的填筑以及原状软弱地基土的换填。
- 6.1.2 流态固化土设计以立方体抗压强度为主要控制指标，流动度、密度、2h 流动度损失率为一般控制指标。

6.2 组成设计

6.2.1 性能指标

- 6.2.1.1 进行流态固化土设计前应明确设计指标，除满足设计指标外，流态固化土的流动度、湿密度、立方体抗压强度等指标应满足表 5 的要求。

表5 流态固化土性能要求

应用类别		施工流动度 ^a (mm)	2h流动度损失率 (%)	湿密度 (kg/m ³)	1d强度	7d强度	28d立方体抗压强度 ^b (MPa)	
							高速公路、一级公路	二级及以下公路
路床	轻、中等及重交通	泵送≥180 非泵送≥140	≤30%	非轻质土≥1800 轻质土800~1000	可上人作业	≥70%设计强度	≥0.8	≥0.6
	特重、极重交通						≥1.0	
	上、下路堤						≥0.6	≥0.5
	地基土置换						≥0.4	
^a 施工流动度检测方法依据本文件附录 B, 由 80mm×80mm 圆柱筒测得								
^b 立方体抗压强度检测方法依据本文件附录 A, 由 100mm×100mm×100mm 立方体试样的无侧限抗压强度表示								

- 6.2.1.2 施工流动度测试的养护时长应根据运输时长及现场施工情况而定，如无明确参考时长，宜采用养护 2h 后的流动度值作为性能指标。
- 6.2.1.3 当流动度小于 160mm 时，宜采用振捣设备辅助填筑施工。
- 6.2.1.4 当流态固化土填筑环境处于地下水位以下或水位变动区时，流态固化土强度设计值应根据工程需求，在表 5 给出数值的基础上至少提高 30%。
- 6.2.1.5 当流态固化土填筑层有防渗性能需求时，可根据实际工程需要确定流态固化土渗透性能和抗裂性能指标。
- 6.2.1.6 用于路堤加宽时，流态固化土填筑体与老路堤之间采用台阶形式衔接，台阶的高宽比应满足 JTG D30 的相关要求。
- 6.2.1.7 填筑体后期存在开挖需要时，采用机械开挖的流态固化土填筑体强度不宜高于 2MPa，人工开挖的流态固化土填筑体强度不宜高于 0.7MPa。
- 6.2.1.8 当流态固化土与饮用水接触或有环境控制要求时，应明确流态固化土的重金属浸出物毒性的限值，测试方法宜符合 GB/T 30810 的规定。

6.2.2 配合比设计

- 6.2.2.1 流态固化土配合比设计前应明确新拌流态固化土流动度和硬化流态固化土的立方体抗压强度等设计指标，配合比设计设定的流态固化土立方体抗压强度目标值不应小于设计指标的 1.2 倍。
- 6.2.2.2 流态固化土配合比设计应按下列步骤进行：
- a) 确定原材料，根据流动度指标，试验调整泥浆含水率；
 - b) 根据流动度指标和强度指标，试验确定固化剂掺量；
 - c) 流态固化土试配，确定施工配合比。
- 6.2.2.3 流态固化土固化剂掺量宜为 7%~25%，固化剂掺量基准值应根据生产厂家推荐值确定。
- 6.2.2.4 一般流态固化土从拌合完成至填筑完成时间不宜大于 3h，如间隔时间超 3h 宜添加缓凝剂。
- 6.2.2.5 流态固化土首次进行试配时，可先固定用水量和必要的添加剂用量，进行不少于 3 组流态固化土配合比试配，其中一组配合比的固化剂掺量为基准值，其他组配合比的固化剂掺量按照基准值分别增加和减少 2%~3%。
- 6.2.2.6 每组流态固化土试配配合比至少应制作 3 组标准试件，并在 20℃±2℃ 条件下养护至指定龄期进行性能指标测试，每组配合比的性能指标均应满足设计和施工要求。
- 6.2.2.7 当材料的流动度、立方体抗压强度、产出量不满足设计要求时，流态固化土的配合比可按表 6 进行适当调整，直至满足设计要求。

表6 流态固化土配合比调整方法

项目	存在的问题	调整方法
流动性	偏高	1. 减少用水量；2. 增加固体原料量
	偏低	1. 增加用水量；2. 添加减水剂
	泌水、离析	1. 增加固体原料量；2. 添加增稠剂；3. 减少用水量
立方体抗压强度	偏高	减少固化剂掺量
	偏低	1. 增加固化剂掺量；2. 减少用水量并加入减水剂
产出量	偏高	1. 检查原材料密度；2. 减少原材料用量
	偏低	1. 检查原材料密度；2. 增加原材料用量

6.2.2.8 首次采用的流态固化土配合比应进行性能检测。

6.3 施工

6.3.1 准备工作

- 6.3.1.1 施工前应进行现场踏勘与工况调查，了解现场地形地貌、水文地质以及施工期间的气候条件。
- 6.3.1.2 施工前应根据现场条件编制流态固化土专项施工方案，方案应包括流态固化土等材料的供应、施工平面布置、流态固化土配合比、每层回填厚度、施工顺序和检验项目及标准等，并应考虑不同的施工顺序对邻近建筑和场地的影响。
- 6.3.1.3 流态固化土制备可根据场地条件和工程实际需求现场拌合或设站集中拌合，宜采用专用设备进行搅拌，确保搅拌质量。流态固化土拌合过程应使用专业搅拌机械，搅拌时间不应少于 2min；搅拌机的转速和叶片形式应适合流态固化土的生产特点。
- 6.3.1.4 流态固化土的制浆设备和搅拌设备应具备土料、固化剂和水等材料的配料和计量功能；计量控制应全过程记录，搅拌设备的计量允许偏差应符合表 7 的规定。

表7 搅拌设备的计量允许偏差

原材料	计量允许偏差
土料	±5%
固化剂	±2%
其它外加剂	±1%
水	±1%

6.3.1.5 当需要设置模板时，模板应架设稳固，模板的支撑强度、刚度和稳定性应满足要求，并做好填筑端部封堵。流态固化土在凝固前对结构或设施有浮力作用时，应采取措施降低其不利影响。

6.3.2 厂拌转运

- 6.3.2.1 当具备工厂集中拌合条件时，宜优先采用工厂集中拌合制备流态固化土。
- 6.3.2.2 工厂集中拌合宜使用泥浆和淤泥等，亦可以用满足本文件要求的其他土料配置流态固化土，流态固化土的含水率应根据施工配合比进行调整，最终成型的流态固化土应满足相关环保要求。

6.3.2.3 厂拌完成后应及时按设计指标运输至回填场地，以确保流态土回填时仍有满足施工要求的流动度。

6.3.3 现场拌合

6.3.3.1 现场制备流态固化土宜采用专用移动式生产设备，制备过程应包括原料土的筛分、泥浆液的制备、流态固化土的拌合等，其性能应能够满足连续作业要求。

6.3.3.2 若设备受限而当场地条件允许时，亦可现场开挖造浆池，采用挖机等机械辅助流态固化土拌合生产，拌合过程应实时控制原料计量、及时观测拌合物的均匀状态，并进行必要检测。

6.3.3.3 现场拌合生产与转运过程中应有控制扬尘措施，并符合相关环保规定。

6.3.4 运输、填筑与养护

6.3.4.1 流态固化土拌合完成后宜采用有密闭措施的运输机械转运并提前制定运输路线，如采用混凝土罐车等转运时需严格控制运输方量，严防运输途中撒漏。

6.3.4.2 流态固化土的填筑方式应根据现场条件和工程特点确定，可采用泵送或溜槽填筑，填筑过程中不得随意加水。

6.3.4.3 泵送或溜槽施工时，不得使流态固化土拌合物直接冲击地下空间外墙和支护结构。

6.3.4.4 流态固化土宜采用分层施工，分层厚度宜控制在 0.3m 以内。当上一层强度达设计强度的 80% 时，方可进行下一层的铺筑。

6.3.4.5 流态固化土的浇筑应在施工作业面采取挡风、遮阳、及时覆盖塑料膜等措施。

6.3.4.6 冬季施工时环境温度不宜低于 5℃。当确有低温施工需要时，应充分论证，调整固化剂的早强性能。可根据气温情况掺入防冻剂，防冻剂的种类和掺量应经过试验确定。应对填筑体及时采取充分的保温或蓄热养护措施。

6.3.4.7 遇大雨或持续小雨天气时，对于露天作业，应停止施工。应对已填筑但尚未硬化的区域表面进行防水遮盖。

6.3.4.8 流态固化土填筑至设计标高后，应在表面自由水消失或抹面后及时用塑料薄膜或土工布覆盖养护。当无法进行覆盖薄膜养护时，应在表层流态固化土硬化后及时喷淋或喷雾养护。顶层流态固化土养护时间不应少于 7d。

6.3.5 根据工程需求，可在流态固化土初凝后 1h~3h 内进行抹面处理。

6.4 质量控制与验收

6.4.1 流态固化土填筑工程验收的检验批可根据施工需求、质量控制和专业验收的需要，按工程量、施工段、变形缝等划分检验单元，每个连续填筑区宜划分为一个检验单元，按单个或若干个检验单元划分为检验批。

6.4.2 应根据填筑工程的特点和要求，确定流态固化土与龄期相关的强度等指标要求作为施工和验收的标准。无明确检验要求时，可参照表 8 执行。

表8 流态固化土的检测项目

检验内容	分类	检查项目	检测频率
材料	主控项目	固化剂、外加剂	每批次3组
	一般项目	土料/泥浆、水	每2000m ³ 3组、同一水源3组
首次性能检测	主控项目	留置试块强度	每个配合比检验1次
	一般项目	拌合物流动度与凝结时间	

表 8 流态固化土的检测项目（续）

检验内容	分类	检查项目	检测频率
施工	主控项目	抗压强度	每500m ³ 1次
	一般项目	拌合物流动度	每500m ³ 1次
		拌合物湿密度	每500m ³ 1次
		施工现场条件检验	按本文件要求
		养护检验	按本文件要求
		标高检验	每200m ² 3点或每10m1点

- 6.4.3 首次使用的配合比，应进行流态固化土的首次性能检测，同一配合比的流态固化土检验不应少于1次。
- 6.4.4 流态固化土强度检验应符合下列规定：
- a) 按本文件附录 A 的规定在填筑地制备伴随试件用于强度检测，伴随试件应与填筑区同条件养护；
 - b) 当伴随试件抗压强度检测不合格时，应增加现场取芯检测，并以取芯试验强度作为流态固化土强度最终评判标准。
- 6.4.5 流态固化土顶层填筑完成后，应对施工标高进行检验，允许误差为±20mm。
- 6.4.6 流态固化土的检验批应符合下列规定：
- a) 主控项目质量应全部检验合格；
 - b) 一般项目合格率应在85%及以上，且不合格点的最大偏差值不得大于允许偏差值的1.3倍；
 - c) 应具有完整的施工质量检查记录。
- 6.4.7 流态固化土的质量验收资料应包括下列内容：
- a) 固化剂出厂质量证明文件和复试检测报告；
 - b) 配合比试验报告；
 - c) 填筑记录（记录表可参照本文件附录 D）；
 - d) 伴随试件强度检测报告；
 - e) 施工影像资料。
- 6.4.8 当流态固化土的工程质量验收不合格时，施工单位应进行缺陷修补或返工，并重新进行质量检验与验收。

7 碾压固化土

7.1 一般规定

- 7.1.1 碾压固化土适用于路面基层的铺筑及路基的填筑。
- 7.1.2 依据工程需要，可用粉体固化剂或复合使用粉体和液体固化剂。
- 7.1.3 碾压固化土的最大干密度和最佳含水量采用重型击实方法确定。
- 7.1.4 碾压固化土路基与基层的设计应符合 JTG D30、JTG D40 以及 JTG D50 的相关要求。

7.2 组成设计

7.2.1 性能指标

7.2.1.1 碾压固化土用于基层时应采用 7d 龄期无侧限抗压强度作为设计与施工的主要强度指标,其强度要求应满足表 9 的规定。

表9 基层碾压固化土 7d 龄期无侧限抗压强度要求 (MPa)

结构层	公路等级	荷载等级		
		极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	二级及以下公路	-	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	二级及以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

7.2.1.2 碾压固化土用于基层宜使用粉体与液体固化剂对土料进行复合固化,在其强度满足要求后还应开展碾压固化土的水稳定性性能检验,其技术指标应满足表 10 的要求。

表10 碾压固化土技术指标

检测项目	技术指标	试验方法
水稳定性系数WSC (%)	≥ 80	附录C
水稳定性系数比WSCR	≥ 1.05	附录C

7.2.1.3 碾压固化土用于路基时,压实标准应符合 JTG/T 3610 的有关规定。

7.2.1.4 碾压固化土用于路基应采用承载比 (CBR) 作为设计与施工的主要强度指标,其要求应满足 JTG/T 3610 的规定

7.2.2 配合比设计

7.2.2.1 应根据当地材料的特点,通过对原材料性能的试验评定,确定碾压固化土配合比设计的技术标准。

7.2.2.2 路基碾压固化土,通过重型击实试验确定最佳含水率以及最大干密度,之后通过承载比试验确定最佳固化剂用量,完成配合比设计。

7.2.2.3 试验前应将土料置烘箱中烘干至恒重,烘箱温度为 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$,时间不低于 24h。

7.2.2.4 配合比设计中,若选用粉体固化剂,应按表 11 中的推荐用量增加和减少 1%的 3 个对比用量来进行强度检测,从而确定粉体固化剂的用量;若选用液体固化剂与粉体固化剂复合固化,则应选择不少于 5 个粉体固化剂用量和 3 个液体固化剂用量,液体固化剂的用量也是根据表 11 中的推荐范围进行取值。

表11 碾压固化土配合比设计中固化剂推荐用量

应用场景	粉体固化剂推荐用量 (%)	液体固化剂推荐用量 (%)
基层	5~10	0.01~0.05
底基层	4~8	0.01~0.02
路基	3~6	0~0.02

注:表中的固化剂用量均是固化剂对于烘干之后土料的外掺比例。

7.2.2.5 实际施工时采用的粉体固化剂剂量应比室内试验确定的剂量增加 0.5%~1.0%。采用厂拌法施工时宜增加 0.5%,采用路拌法施工时宜增加 1.0%。

7.2.2.6 天气炎热或运距较远时,含水率可比室内试验确定的最佳含水率增加 1.0%~2.0%。

7.3 施工

7.3.1 准备工作

7.3.1.1 施工前应根据现场条件编制碾压固化土专项施工方案，施工方案应包括碾压固化土等材料的供应、施工平面布置、碾压固化土配合比、每层摊铺厚度、施工顺序和检验项目及标准等。

7.3.1.2 正式施工前，应铺筑长度 200m~300m 的试验段，确定材料松铺系数和相关施工技术参数。

7.3.1.3 二级公路基层碾压固化土施工宜采用厂拌法，二级以下公路基层碾压固化土施工可采用路拌法，各等级公路路基碾压固化土施工均应采用路拌法。

7.3.1.4 原材料计量系统应满足精度要求。土料的计量装置精度应不低于 $\pm 1.5\%$ ，水和粉体固化剂的计量设备精度应不低于 $\pm 1.0\%$ ，液体固化剂宜采用电子天平计量，设备精度不低于 $\pm 0.1\%$ 。计量设备应至少每半年检定 1 次，保持计量系统准确，配料稳定。

7.3.1.5 施工中，当固化土含水率较低时，应适当加水，加水量和加水次数应根据施工时间和地点的气候条件和原材料含水率而定；气温在 $5^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间，保持固化土含水率尽量接近最佳含水率；气温高于 28°C 需要适当提高使加水后固化土含水高于最佳含水率 2%以上；当土水分过大时，应晾晒风干，使含水率接近最佳含水率。

7.3.1.6 碾压固化土从拌和开始至运输、摊铺、整形及碾压终了的总施工时间应不超过 4h。如无法控制施工时间，则应在碾压前适当补水，保持固化土含水率接近最佳含水率。

7.3.1.7 下承层准备及施工放样等工作，应按现行 JTG/T F20 和 JTG/T 3610 执行。

7.3.1.8 当施工现场日最低气温低于 5°C 时，不得进行施工；雨季施工应做好防雨和排水工作，不应在雨天施工。

7.3.2 路基施工

7.3.2.1 路基碾压固化土施工应满足 JTG/T 3610 的相关规定。

7.3.2.2 路基碾压固化土应采用路拌法施工。

7.3.2.3 路拌法施工工艺说明如下：

- a) 路拌法施工宜采用层铺路拌法，其方法是在准备施工的路段上，将土料和固化剂逐层摊铺，用路拌机以及其他机械就地拌和，形成结构层；
- b) 路拌法施工的工艺流程宜按图 2 的顺序进行。（注：在该工艺流程中并不一定需要同时使用粉体固化剂与液体固化剂，只是表明若添加粉体固化剂或液体固化剂的话，分别应在那个施工环节中添加。）

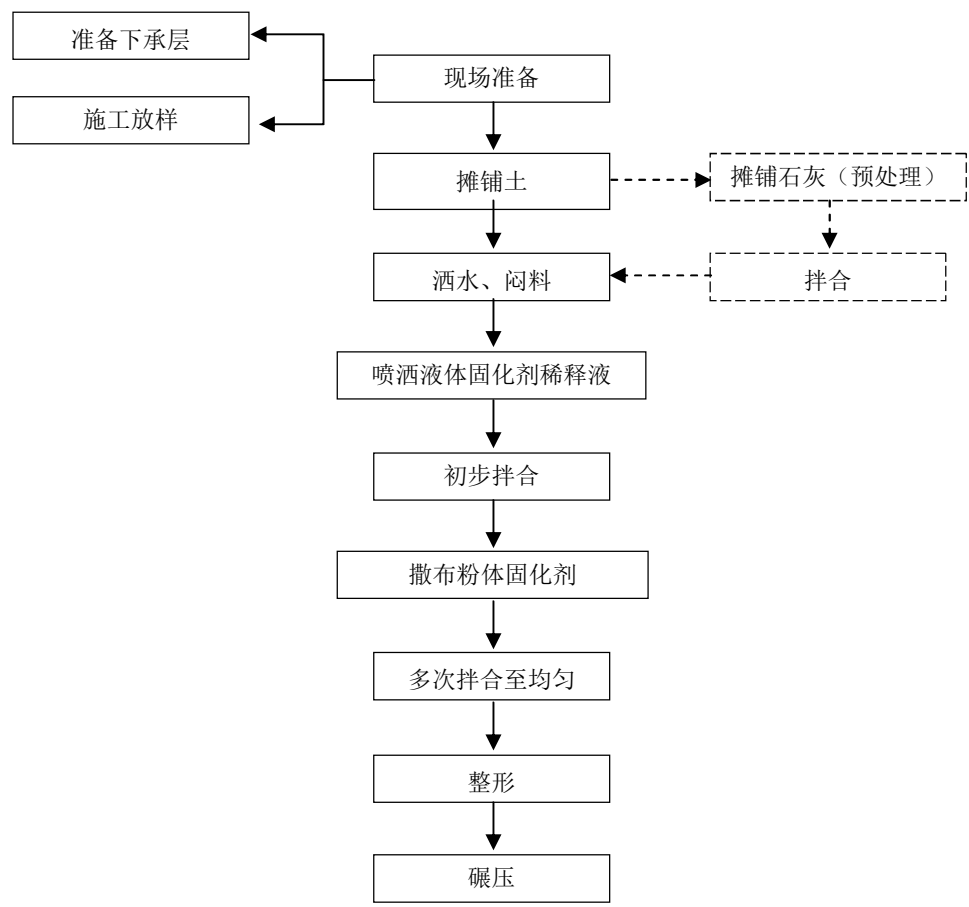


图2 路拌法施工工艺流程

7.3.2.4 现场准备如下：

- a) 下承层存在低洼和坑洞时，应填补及压实，对搓板和槽辙应刮除，对松散应耙松洒水并重新碾压，达到平整密实；
- b) 下承层表面应平整、坚实，具有规定的路拱，按相关标准的规定验收合格后方可填筑固化土；
- c) 施工放样。应在下承层上恢复中线，直线段应每 15m~20m 设一桩，平曲线段应 10m~15m 设一桩，并应在两侧路肩边缘外设指示桩，且用明显标记标出固化土层边缘的设计高程；
- d) 应将现场土料中石块、土块、超尺寸颗粒及其它树根杂物等拣除。当土料中有较多土块时，应采用专用机械进行粉碎，无专用机械时，也可用旋转耕作机、圆盘耙等设备进行粉碎；
- e) 当土料需要石灰进行预处理时，应按照配合比设计结果计算每平方米所需石灰质量，在已准备好的土层上均匀堆放，人工定量、均匀地撒布、摊铺。摊铺时，应随时检查并与设计用量核对，如用量不足，则立即加以补充。

7.3.2.5 洒水、翻晒、闷料流程如下：

- a) 土料的含水率明显低于最佳含水率时，应在土层上洒水闷料 12h，洒水应均匀；土料的含水率明显高于最佳含水率时，应将土层适当翻晒，翻晒应均匀；
- b) 对于需要石灰预处理的土料，应先将石灰和土料拌和均匀后一起闷料。

7.3.2.6 喷洒液体固化剂稀释液流程如下：

- a) 使用液体固化剂需喷洒固化剂稀释液；
- b) 液体固化剂使用前要充分摇匀，使沉淀充分溶解；

- c) 喷洒固化剂稀释液。通过试喷，检查压力洒水车液流的压力，并根据用量调整车速和流量，为了保证均匀性，固化剂稀释液喷洒宜分两次进行，每次喷洒量为 50%。

7.3.2.7 初步拌和流程如下：

- a) 可采用路拌机或其它拌和机械沿路拌和，使固化剂稀释液和土料充分混合；
- b) 采用专用固化土拌和设备拌和时，拌和次数不少于两遍，且应设专人随时检查拌和深度，并配合拌和设备操作员调整拌和深度，拌和深度应达稳定层底，严禁在拌和层底部留有素土夹层；
- c) 二级以下公路在没有专用拌和设备时，可采用农用旋转耕作机与多铧犁或平地机相配合拌和，拌和时间不可过长，拌和次数不少于四遍，同时控制固化土的即时含水率。

7.3.2.8 撒布粉体固化剂流程如下：

- a) 计算好每平方需要撒布的粉剂固化剂质量，在土料表层做好网格标记，袋装粉体固化剂对应摆放，并在土层上做标记，检查有无遗漏和多余；
- b) 用刮板将粉体固化剂均匀摊开，路段表面应没有空白位置也没有粉体固化剂过分集中的区域。

7.3.2.9 多次拌和流程如下：

- a) 采用初步拌和设备对摊铺的固化土进行多次拌和，拌和次数不少于 2 遍，并达到均匀状态；
- b) 拌和过程结束时，应及时检测含水率，含水率宜略大于最佳值，含水率不足时，宜用喷管式洒水车补充洒水至超过最佳含水率个 1~2 百分点；
- c) 拌和后的固化土应色泽一致，没有灰条、灰团和花面现象。

7.3.2.10 整形流程如下：

- a) 固化土拌和均匀后，应及时采用平地机进行初步整形，在初平的路段上，应用平地机或轮胎压路机快速碾压一遍；
- b) 整形前，对局部低洼处应用齿耙将其表层 50mm 以上的材料耙松，并用新拌的固化土找平，再碾压一遍；
- c) 应用平地机再整形一次，应将高出料直接刮出路外，严禁形成薄层贴补现象；
- d) 反复整形，直至满足技术要求，每次整形都应达到规定的坡度和路拱；
- e) 人工整形时，先将固化土摊平，用路拱板整形，用平地机初压 1~2 遍后，应根据实测松铺系数，确定纵横断面高程，并设置标记和挂线。

7.3.2.11 碾压流程如下

- a) 应根据路宽、压路机的轮宽和轮距的不同，制定碾压方案，使各部分碾压到的次数尽量相同，路面的两侧多压 2~3 遍；
- b) 整形后对结构层进行全宽碾压。在直线段和不设超高的平曲线段，宜从两侧路肩向路中心碾压，且轮迹应重叠 1/2 轮宽，后轮应超过两段的接缝处。碾压次数宜为 6~8 遍；
- c) 压路机前两遍的碾压速度宜为 1.5km/h~1.7km/h，以后宜为 2.0 km/h~2.5km/h；
- d) 采用人工摊铺和整形的固化土，宜先轮胎压路机碾压 1~2 遍，再用重型压路机碾压；
- e) 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上掉头或紧急制动；
- f) 碾压过程中，固化土的表面应始终保持湿润，水分蒸发过快时，宜及时补洒少量的水，严禁大量洒水；
- g) 碾压过程中，有“弹簧”、松散、起皮等现象时，应及时翻开重新拌和或用其它方法处理；
- h) 在碾压结束前，应用平地机终平一次，纵坡、路拱和超高应符合设计要求，终平时，应将局部高出部分刮除，对局部低洼之处，不再找补；
- i) 碾压应达到要求的压实度，碾压成型后的表面应平整、无轮迹。

7.3.3 基层施工

7.3.3.1 基层碾压固化土施工应满足 JTG/T F20 的相关规定。

7.3.3.2 基层碾压固化土用于二级公路基层时宜采用厂拌法施工。

7.3.3.3 厂拌法施工工艺说明如下：

- a) 厂拌法施工指在固定的拌和工厂或移动式拌和站，采用专用拌和设备将土料、水和固化剂集中拌制成固化土，通过运输车运送至现场摊铺的施工方法；
- b) 厂拌法施工的工艺流程宜按图 3 的顺序进行。

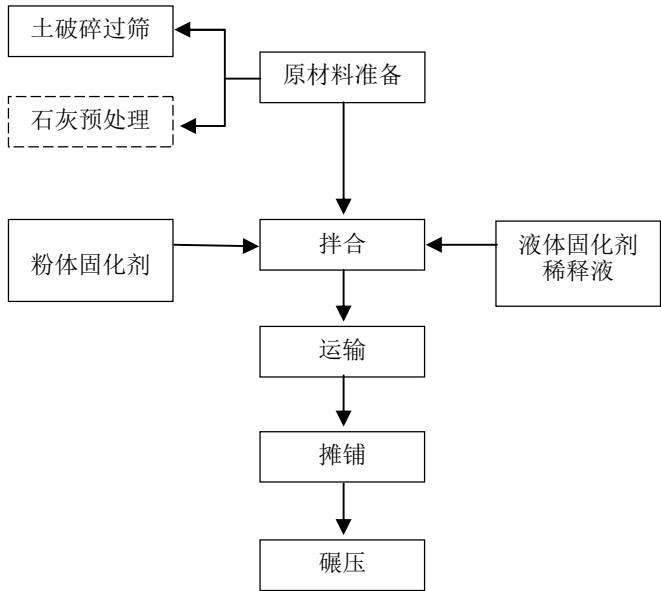


图 3 厂拌法施工工艺流程

7.3.3.4 原材料准备如下：

- a) 厂拌法拌和设备宜采用强制式搅拌机，并配备粉体固化剂料仓、储水罐、液体固化剂存储罐等，拌和机的拌和能力应与现场摊铺能力相匹配，各类原材料存储设备应具有独立的计量系统，确保固化土配合比满足设计要求；
- b) 土料宜采取覆盖措施，防止雨淋，液体固化剂应按照设计剂量预先加入到水中进行稀释，具体要求和方法见本文件 7.3.2.6；
- c) 对于需要石灰预处理的土料，需要提前 3d~7d 将石灰与土料拌和后一起闷料。

7.3.3.5 运输流程如下：

- a) 应根据工程量的大小和运距的长短，配备足够数量的固化土运输车；
- b) 运输车装料完成后应尽快运送到铺筑现场，敞开式运输车辆在运输途中应采用篷布进行覆盖，减少路途或现场排队等候造成的水分散失。

7.3.3.6 摊铺流程如下：

- a) 固化土摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度不小于 160mm，最大厚度宜不大于 200mm；
- b) 应在下承层施工质量检测合格后，开始摊铺上面结构层；
- c) 对无法使用机械摊铺的超宽路段，应采用人工同步摊铺、修正，并同时碾压成型。

7.3.3.7 碾压流程如下：

- a) 应根据施工情况配备足够的碾压设备，并安排专人负责指挥碾压，严禁漏压和产生轮迹；

- b) 采用钢轮压路机初压时，宜采用双钢轮压路机稳压 2 遍～3 遍，再用重型振动压路机、三轮压路机或轮胎压路机继续碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压消除轮迹或采用凸块式压路机碾压收面；
 - c) 采用轮胎压路机初压时，应采用 25t 以上的重胶轮压路机稳压 1 遍～2 遍，错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度，再采用重型振动压路机碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹；
 - d) 碾压过程中若出现软“弹簧”、松散、起皮现象时，应及时将该路段固化土挖出，重新换填新材料碾压；
 - e) 碾压应达到要求的压实度，碾压成型后的表面应平整、无轮迹。
- 7.3.3.8 养生流程如下：
- a) 碾压完成后，经压实度检查合格后应立即开始养生，养生期不得少于 7d；
 - b) 养生可采取洒水养生、薄膜覆盖养生、土工布覆盖养生、草帘覆盖养生等方式，宜结合工程实际情况选择适宜的养生方式，始终保持固化土层表面湿润；
 - c) 养生期间应封闭交通，除洒水车和小型通勤车辆外严禁其他车辆通行。
- 7.3.3.9 基层碾压固化土用于二级以下公路基层时可采用路拌法施工。具体工艺流程参照本文件 7.3.2.4～7.3.2.10，碾压与养生环节参照本文件 7.3.3.7 与 7.3.3.8。

7.4 质量控制与验收

- 7.4.1 施工过程中的质量控制包括材料质量检查和工程质量检查两部分。
- 7.4.2 开工前及施工过程中，应对拟采用的材料质量按照表 12 要求的检查项目、频度和技术标准进行检测评定。

表12 材料的检查项目、频度与技术标准

检查项目		频度	技术要求
原材料抽检	土料	每批次	满足本文件要求
	固化剂		
	水		
固化土抽检	含水率	每 2000m ² 一次	与最佳含水率绝对误差不大于2%
	最大干密度	随时检查	/
	7d无侧限抗压强度（基层）	每一作业段不少于9个	不小于设计值
	CBR（路基）	每 2000m ² 一次	不小于设计值

- 7.4.3 施工过程中应通过目测方式随时检查现场摊铺和碾压的质量，包括摊铺是否出现离析、压实机械是否满足要求、碾压组合和碾压次数是否合理等。
- 7.4.4 施工结束后应对评定单元的工程质量进行检查评定，包括外形检查和质量检查两方面，检查项目、频度和技术标准应满足表 13 与表 14 中的要求。

表13 路基碾压固化土的工程质量检查项目、频度和技术标准

检查项目	技术标准	方法与频度
压实度(%)	按本文件要求	灌砂法：每 200 m 每压实层测 2 处
路床顶面弯沉值(0.01mm)	≤设计值	落锤式弯沉仪：每一双车道、每 1 km 测 40 点
纵断高程(mm)	+10，-15	水准仪：中线位置每 200 m 测 2 点
中线偏位(mm)	50	全站仪：每 200 m 测 2 点，弯道加 HY、YH 两点

表 13 路基碾压固化土的工程质量检查项目、频度和技术标准（续）

检查项目	技术标准	方法与频度
宽度(mm)	满足设计要求	尺量：每 200 m 测 4 点
平整度(mm)	≤15	3 m 直尺：每 200 m 测 2 处×5尺
横坡(%)	±0.3	水准仪：每 200 m 测 2 个断面
边坡	满足设计要求	尺量：每 200 m 测 4 点

表14 基层碾压固化土的工程质量检查项目、频度和技术标准

检查项目			频度	技术标准		
压实度 (%)			每一作业段检查6~10 处	基层	中、粗粒	≥97
					细粒	≥95
				底基层	中、粗粒	≥95
					细粒	≥93
弯沉值			每一评定段(不超过 1km) 40~50	满足《公路路面基层施工技术细则》 (JTG/T F20-2015) 附录 C 所得的弯沉标准值		
基层	纵断高程 (mm)		每 20m 1 点	+5~-15		
	厚度 (mm)	均值	每 1500~2000 m ² 6 点	≥-10		
		单个值		≥-20		
	宽度 (mm)		每 40m 1 处	>0		
	横坡度 (%)		每 100m 3 处	±0.5		
	平整度 (mm)		每200m 2 处, 每处连续10 尺 (3m直尺)	≤12		
底基层	纵断高程 (mm)		每 20m 1 点	+5~-15		
	厚度 (mm)	均值	每1500~2000 m ² 6 点	≥-10		
		单个值		≥-20		
	宽度 (mm)		每 40m 1 处	>0		
	横坡度 (%)		每 100m 3 处	±0.5		

7.4.5 现场碾压结束后应及时检测压实度，压实度检测应以每天现场取样的击实结果确定的最大干密度为标准，采用灌砂试验方法或环刀法测试，灌砂深度应与现场摊铺厚度一致。

7.4.6 对于基层施工，养生期达到 7d 后应通过钻取芯样的方式检查固化土材料的整体成型情况，并对芯样的高度进行测量，取出完整芯样时方为合格，取芯频率为每一作业段不少于 9 个。当取出的芯样不完整时，应找出实际路段相应的范围，返工处理。

7.4.7 施工结束后 7d~10d 内对弯沉值进行检测，不满足要求的需找出原因并返工处理。

7.4.8 通过以上检测且符合 JTG F80/1 的有关规定，满足要求后便可完成验收。

附 录 A
(规范性)
立方体抗压强度测试方法

A.1 范围

本附录规定了适用于表征原位和流态固化土强度的立方体抗压强度试样的制备、养护及测试方法。

A.2 仪器与设备

应按下列要求准备仪器与设备：

- a) 材料试验机：应符合 GB/T 2611 的相关规定，且精度不低于 1%；
- b) 电子秤：量程 5000g，精度不低于 1g；
- c) 100mm×100mm×100mm 试模：应符合 JG 237 的相关规定，试样数量应根据设计龄期确定，每检试样不少于 3 个；
- d) 钢尺：300mm 量程，精度 1mm。

A.3 制样与养护

应按下列要求进行制样与养护：

- a) 将原料按设计配合比计量称重，先将土料和水投入搅拌机中，也可直接投入满足要求的泥浆，接着将固化剂投入搅拌机中搅拌均匀；制备现场伴随试件时也可以直接取现场制备完成的流态固化土，取样应具有代表性和随机性；
- b) 对模具进行刷油及封堵充气脱模口后，将固化土密实填入模具中并刮平顶面；
- c) 将试件置于 20℃±2℃、相对湿度大于 95%的环境中养护至设计龄期。

A.4 强度检测

应按下列步骤进行试件的强度检测：

- a) 脱模后检查试件的外观，试件表面必须平整，不得有明显的缺陷或裂缝；
- b) 测量检测试件的尺寸，计算试件的承压面积 A；
- c) 将试件置于试验机中心位置，采用 0.03kN~0.15kN/s 的速率加载直至试件破坏，记录峰值荷载 F；
- d) 按下式计算试件的立方体抗压强度 q_c ，精确至 0.01MPa。

$$q_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (A. 1)$$

A.5 取值要求

应取同组 3 块试件的平均值作为最终试件的立方体抗压强度。

附 录 B
(规范性)
流态固化土流动度测试方法

B.1 范围

本附录规范了流态固化土流动度的测试方法。

B.2 设备与装置

应按下列要求准备仪器与设备：

- a) 上下贯通、光滑的有机玻璃圆柱筒：内径 80mm、高 80mm，切割面应光滑平整；
- b) 光滑玻璃底板，可贴合托衬 a) 所述的圆柱筒；
- c) 秒表；
- d) 刻度尺：量程 500mm，精度 1mm。

B.3 测试步骤

应按下列步骤进行流动度测试：

- a) 将玻璃底板水平放置于稳定台面；
- b) 将圆柱筒竖直、贴合放置于玻璃底板中间位置；
- c) 按本文件要求制备流态固化土；
- d) 将制备好的流态固化土注入圆柱筒内，沿圆柱筒顶面刮去多余固化土并修平土面；
- e) 准备完毕后，迅速垂直提起圆柱筒，让固化土自然流动，30s 后测量互相垂直两方向流开固化土的直径，取二者的平均值表示为流动度，精确至 1mm。

B.4 取值要求

为保证试验可靠，每组需重复 3 组试验，取平均值作为最终的流动度。

附录 C
(规范性)
水稳定性能测试方法

C.1 范围

本附录适用于用液态固化剂与粉体固化剂进行复合固化的碾压固化土水稳定系数与水稳定系数比的检测。

C.2 试验材料与设备

本附录所需材料与设备按本文件7.2.2中配合比设计中试验材料与设备执行。

C.3 试验方法

应按下列步骤进行水稳定性能测试：

- a) 同一配比的固化土材料制备无侧限抗压强度标准试件，共两组，每组试件个数按表 C.1 确定：

表C.1 平行试验最少试件数量要求(个)

变异系数	<10%	10%~15%	>15%
中、粗粒式	9	13	重做
细粒式	6	9	重做

- b) 一组试件采用标准养生龄期 7d，养生龄期最后一天浸于 20℃±2℃的水中，第二组采用标准养生至同龄期（不浸水）；
- c) 对上述两组试件分别开展无侧限抗压强度试验，并通过式 C-1 计算稳定固化土材料的水稳定性系数：

$$WSC = \frac{R_d^1}{R_d^0} \times 100 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- WSC ——水稳定性系数
- R_d^1 ——泡水试件的无侧限抗压强度(kPa)
- R_d^0 ——不泡水试件的无侧限抗压强度(kPa)

- d) 将不添加液体固化剂只添加粉体固化剂的固化土材料制作基准试件，添加液体和粉体固化剂的固化土材料制作检测试件，通过检测试件的水稳定性系数与基准试件的水稳定性系数比值计算水稳定性系数比，如式 C-2。

$$WSCR = \frac{WSC_1}{WSC_0} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

- $WSCR$ ——水稳定性系数比
- WSC_0 ——基准试件的水稳定性系数
- WSC_1 ——检测试件的水稳定性系数

附 录 D
(资料性)
流态固化土填筑记录

表D. 1规定了流态固化土填筑过程中需记录的内容。

表D. 1 流态固化土填筑记录表

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(℃)			填筑完成数量 (m³)		
流态固化土来源	厂拌流态固化土	生产厂家					供料强度	
		运输单编号						
	自拌流态固化土首检鉴定编号							
实测流动度(mm)			首检温度(℃)			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			