

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3960-2020

抗水性自修复稳定土基层施工技术规范

Technical Specifications for Construction of Water-resistant and Self-healing Stabilized Soil

2020-12-15 发布

2020-01-15 实施

江苏省市场监督管理局 发布

目 次

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号和缩略语..... 2

5 总则..... 3

6 原材料要求..... 3

7 材料组成设计..... 5

8 施工工艺..... 6

9 施工质量管理与检查验收..... 11

附录 A 高分子有效成分含量试验..... 13

附录 B 无侧限抗压强度试验..... 14

附录 C 劈裂强度试验..... 15

附录 D 抗水性能试验..... 16

附录 E 自修复性能试验..... 17

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：南通市公路事业发展中心、苏交科集团股份有限公司、河海大学、江苏路业新材料有限公司

本文件主要起草人：何启军、仇小东、姚蕾、吴春颖、李锋、刘伟、张可强、韩鹏、胡洋、蔡丽丽、陈永辉、陈庚、汤浦、林子熙、任华

1 范围

本文件规定了抗水性自修复稳定土基层施工技术规范术语和定义、符号和缩略语、总则、原材料要求、材料组成设计、施工工艺和施工质量管理与检查验收。

本文件适用于公路、城市道路、厂矿道路、林区道路的新建、改扩建及养护工程的基层、底基层修筑。

本文件适用的公路等级为二级及二级以下，适用的交通荷载等级为重交通、中等交通和轻交通。特重和极重交通等级公路以及高速公路和一级公路应进行充分论证后采用。

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。

JTG E40 公路土工试验规程

JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG/T F20-2015 公路路面基层施工技术细则

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质

JGJ 63 混凝土用水标准

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本文件。

3.1

细粒土 fine-grained soil

颗粒最大粒径不大于 4.75mm，公称最大粒径不大于 2.36mm 的土，包括各种黏质土、粉质土、砂和石屑等。

3.2

无机结合料 inorganic binders

主要指水泥、石灰、粉煤灰及其他工业废渣。

3.3

SRR 型土壤固化剂 soil stabilizing admixtures

采用高分子聚合物微粒技术制备的液体外加剂，通过与无机结合料、土壤和水的物理和（或）化学反应，以改善和提高土壤的工程性能以及抗水性能和自修复性能。

3.4

抗水性自修复稳定土 water-resistant and self-healing stabilized soil

采用 SRR 型土壤固化剂 and 水泥（必要时添加石灰）按一定比例掺入土中而形成的具有良好的抗水性能和自修复性能，且满足路面基层使用技术指标要求的混合料。

3.5

含固量 solid content

土壤固化剂液体中所含固形物的总量，包括液体中的可溶物经干燥后可以形成固体的所有化学物质和不可避免的杂质。

3.6

抗水性能 water resistance

稳定土材料抵抗水损坏的能力，采用水稳定性系数和水稳定性系数比两个指标表征。

3.7

水稳定性系数 water stability coefficient

采用标准养生龄期 7d 最后一天浸水的稳定土试件无侧限抗压强度与不经过水中浸泡的同龄期试件的无侧限抗压强度的比值，以%计。

3.8

水稳定性系数比 water stability coefficient ratio

检测试件与基准试件（不添加土壤固化剂）水稳定性系数的比值。

3.9

自修复性能 self-healing performance

稳定土材料在产生微裂纹条件下能够自动愈合的能力，采用自修复系数和自修复系数比两个指标表征。

3.10

自修复系数 self-healing coefficient

标准养生 7d 后对检测试件施加 80% 的最大破坏荷载，然后进行 15d 标准养生后测试的劈裂强度与 7d 劈裂强度的比值，以%计。

3.11

自修复系数比 self-healing coefficient ratio

检测试件与基准试件（不添加土壤固化剂）自修复系数的比值。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

表 1 符号和缩略语

符号和缩略语	意义	英文名
SC	含固量	solid content
WSC	水稳定性系数	water stability coefficient
WSCR	水稳定性系数比	coefficient of water stability ratio
SHC	自修复系数	self-healing coefficient
SHCR	自修复系数比	self-healing coefficient ratio

5 总则

5.1 为规范抗水性自修复稳定土施工技术，指导基层施工、质量管理与检查验收，保证基层工程质量，制定本文件。

5.2 抗水性自修复稳定土基层施工除应符合本标准的规定外，尚应符合国家、行业颁布的现行有关标准、规范的规定。

6 原材料要求

6.1 一般规定

6.1.1 原材料应进行质量检验，经评定合格后方可使用。

6.1.2 在原材料试验评定中，应随机选取具有足够数量的样本进行材料试验。

6.1.3 水泥、石灰材料必须注意防水，避免受潮。

6.2 土

6.2.1 可用于被稳定的材料类型包括黏质土、砂质土、粉质土、碱渣等，并宜以细粒土为主。

6.2.2 用于被稳定的材料应开展颗粒分析、液限和塑性指数、有机质含量、硫酸盐含量等试验检测，并满足表 2 中的技术要求。

表 2 土的技术要求

序号	检测项目		技术标准	试验方法	试验规范
1	颗粒分析	最大粒径（mm）	≤15	T 0115	《公路土工试验 规程》（JTG E40）
2		粒径大于 10mm 的质量占 总质量的比例（%）	≤5		
3	液限（%）		≤40	T 0118	
4	塑性指数		≤17		
5	有机质含量（%）		≤2	T 0151	
6	硫酸盐含量（%）		≤0.25	T 0158	

注 1：用于被稳定的材料塑性指数大于 17 时，宜采用水泥和石灰综合稳定，石灰应与土一起闷料后再用水泥稳定。

注 2：有机质含量超过 2% 的土，应先用石灰进行处理，闷料后再用水泥复合稳定。有机质含量超过 10% 的土，不得用于被稳定材料。

6.3 SRR 型土壤固化剂

SRR 型土壤固化剂的技术指标宜满足表 3 的要求。

表 3 SRR 型土壤质固化剂的技术要求

序号	检测项目	技术标准
1	外观	呈均匀状态，不应有沉淀或絮状现象
2	含固量（%）	≥40
3	密度（g/cm ³ ）	满足生产厂控制值的±0.03 以内
4	PH 值	6.5~8.5
5	溶解性	完全溶解
6	稳定性	28d 上下层含固量差值不大于 3%
7	改性水分散环氧基齐聚物含量（%）	≥5
8	可溶性金属离子含量	水溶液中重金属含量最大值应符合 GB/T 25499 的规定
注：改性水分散环氧基齐聚物含量检测方法见附录 A。		

6.4 水 泥

- 6.4.1 强度等级为 32.5 或 42.5，且满足本文件要求的普通硅酸盐水泥等均可使用。
- 6.4.2 水泥初凝时间应大于 3h，终凝时间应在 6h 以上且小于 10h。
- 6.4.3 水泥的安定性应合格。严禁使用已受潮变质的水泥。

6.5 石 灰

石灰技术要求应符合表 4 和表 5 的规定。

表 4 生石灰技术要求

序号	检测项目	钙质消石灰	镁质消石灰	试验方法
1	有效氧化钙加氧化镁含量（%）	≥70	≥65	T 0813
2	未消化残渣含量（%）	≤17	≤20	T 0815
3	钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量（%）	≤5	>5	T 0812

表 5 消石灰技术要求

序号	检测项目		钙质消石灰	镁质消石灰	试验方法
1	有效氧化钙加氧化镁含量（%）		≥55	≥50	T 0813
2	含水率（%）		≤4	≤4	T 0801
3	细度	0.60mm 方孔筛的筛余（%）	≤1	≤1	T 0814
4		0.15mm 方孔筛的筛余（%）	—	—	T 0814
5	钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量（%）		≤4	>4	T 0812

6.6 水

- 6.6.1 符合现行《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）的饮用水可直接作为基层、底基层材料拌和与养生用水。
- 6.6.2 拌和和养生使用的非饮用水应进行水质检验，技术要求应符合表 6 的规定。

表 6 非饮用水技术要求

序号	检测项目	技术要求	试验方法
1	PH 值	≥4.5	《混凝土用水标准》 (JGJ 63)
2	Cl^- 含量 (mg/L)	≤3500	
3	SO_4^{2-} 含量 (mg/L)	≤2700	
4	碱含量 (mg/L)	≤1500	
5	可溶物含量 (mg/L)	≤10000	
6	不溶物含量 (mg/L)	≤5000	
7	其它杂质	不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

7 材料组成设计

7.1 一般规定

- 7.1.1 稳定土材料组成设计应按设计要求，选择技术经济合理材料类型和配合比。
- 7.1.2 应根据公路等级、交通荷载等级和应用层位等因素确定稳定土材料技术要求。

7.2 材料性能要求

7.2.1 应采用 7d 龄期无侧限抗压强度（试验方法见附录 B）作为稳定土施工质量控制的主要指标，其强度应满足表 7 规定的要求。

表 7 稳定土材料的 7d 龄期无侧限抗压强度标准 Rd

单位为 MPa

结构层	重交通	中、轻交通
基层	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	2.0~4.0	1.0~3.0

注 1：表中强度标准指的是 7d 龄期无侧限抗压强度的代表值。本节以下各表同；
注 2：公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取上限强度标准。

7.2.2 强度满足要求时应开展稳定土材料的抗水性能（试验方法见附录 D）和自修复性能（试验方法见附录 E）检验，其性能指标应满足表 8 中规定的要求。

表 8 抗水性能和自修复性能技术标准

使用性能	技术指标	技术标准
抗水性能	水稳定性系数 WSC (%)	≥85
	水稳定性系数比 WSCR	≥1.2
自修复性能	自修复系数 SHC (%)	≥120
	自修复系数比 SHCR	≥1.3

7.3 配合比设计

7.3.1 应根据当地材料的特点，通过原材料性能的试验评定，选择适宜的无机结合料类型，确定稳定土

材料配合比设计的技术标准。配合比设计宜按照图 1 的步骤进行。

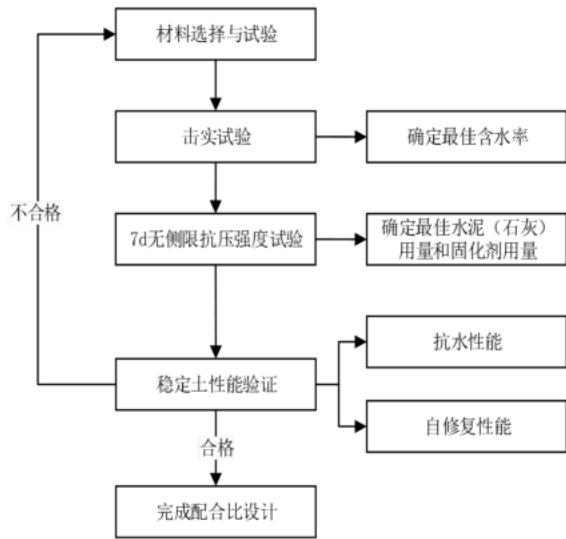


图 1 配合比设计流程图

7.3.2 针对土、无机结合料、固化剂等原材料开展试验检验，选择合适的无机结合料类型，所有检测指标均应满足相关设计标准或技术文件的要求。

7.3.3 配合比设计中，应选择不少于 5 个无机结合料剂量和 3 个固化剂掺量。配合比试验推荐剂量可参照表 9 中的范围进行取值。

表 9 材料配合比试验推荐剂量

层位	无机结合料剂量（%）	固化剂掺量（ml/m³）
基层	5~10	200~400
底基层	4~8	100~300

注 1：无机结合料剂量为无机结合料干质量（包括水泥和石灰）占被稳定材料干质量的百分率，即：无机结合料剂量＝无机结合料干质量/被稳定材料干质量；

注 2：无机结合料为水泥和石灰综合稳定时，水泥用量占无机结合料总量的比例应不小于 30%；

注 3：固化剂掺量为固化剂原液体积占被稳定材料体积的比例，即：固化剂掺量＝固化剂原液体积/被稳定材料体积。

7.3.4 参照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》（JTG E51）中 T 0804 击实试验确定最大、中间和最小 3 个无机结合料剂量条件下稳定土材料的最佳含水率和最大干密度，其它两种无机结合料剂量的最佳含水率根据内插法确定。

7.3.5 应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度及压实度要求成型标准试件，验证不同无机结合料剂量和固化剂掺量条件下稳定土材料的 7d 无侧限抗压强度，确定满足设计要求的无机结合料剂量和固化剂掺量。

7.3.6 针对满足要求的稳定土材料分别开展抗水性能和自修复性能验证试验，对于不满足设计要求的需调整配合比，重新开展试验。

7.3.7 工地实际采用的水泥剂量应比室内试验确定的剂量增加 0.5%~1.0%。采用集中厂拌法施工时宜增加 0.5%，采用路拌法施工时宜增加 1.0%。

7.3.8 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%。

8 施工工艺

8.1 一般规定

- 8.1.1 对于二级公路施工时推荐采用专用拌和设备拌制、摊铺机摊铺的施工工艺，对于二级以下公路基层或底基层施工时也可选择人工路拌、推土机摊铺、平地机整平的施工工艺。
- 8.1.2 稳定土施工时宜在 2h 之内完成碾压成型。
- 8.1.3 稳定土施工宜选择气温较高的季节进行，施工期的日最低气温应在 5℃ 以上，避免在雨季施工，且不应在雨天施工。

8.2 路拌法施工

8.2.1 工艺说明

- 8.2.1.1 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、固化剂和无机结合料就地逐层摊铺，用路拌机以及其他机械或人工就地拌和，形成混合料结构层。
- 8.2.1.2 路拌法施工的工艺流程宜按图 2 的顺序进行。

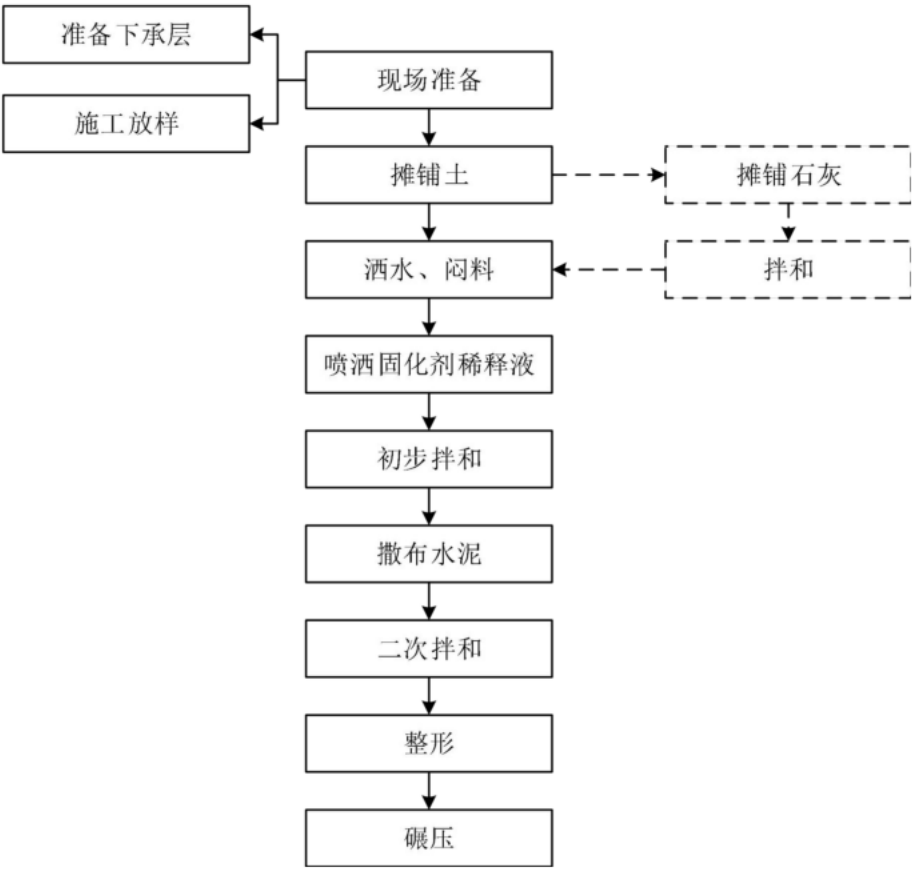


图 2 路拌法施工工艺流程

8.2.2 现场准备

- 8.2.2.1 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。
- 8.2.2.2 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铺筑稳定土。
- 8.2.2.3 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，且用明显标记标出稳定土层边缘的设计高程。

8.2.3 摊铺土

- 8.2.3.1 应在摊铺前事先通过试验确定土的松铺系数，可按 1.53~1.58 进行选用。

8.2.3.2 将检验合格的土在摊铺无机结合料的前一天运至施工路段进行摊铺，摊铺过程中，应将土块、超尺寸颗粒及其它杂物拣除。当土中有较多土块时，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。

8.2.3.3 摊铺后的土层应平整，并有一定的路拱，并应检验松铺土层的厚度。

8.2.3.4 当稳定土中需要添加石灰时，应按照配合比设计结果计算每平方米所需石灰质量，并根据每运料车摊铺面积在已摊铺完成的土层上划出段落或格线卸料，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。石灰必须是经过消解并检验合格的消石灰，粒径不大于 10mm。

8.2.4 洒水、闷料

8.2.4.1 土的含水率过小时，应在土层上洒水闷料一夜，洒水应均匀，洒水量宜较最佳含水率低 3%~5%。

8.2.4.2 对于需要添加石灰的综合稳定土，应先将石灰和土拌和均匀后一起闷料。

8.2.5 喷洒固化剂稀释液

8.2.5.1 固化剂使用前要充分摇匀，使沉淀充分溶解。

8.2.5.2 配制固化剂稀释液时，应根据混合料的实际含水率和最佳含水率以及设计的固化剂剂量来确定稀释比例。

8.2.5.3 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%。

8.2.6 初步拌和

8.2.6.1 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充分混合。

8.2.6.2 采用专用稳定土拌和设备拌和时，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并宜侵入下承层不小于 5mm~10mm。严禁在拌和层底部留有素土夹层。

8.2.6.3 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。

8.2.7 撒布水泥

8.2.7.1 按计算的每袋无机结合料摆放的纵横间距，在土层上做标记，并将当日施工用的无机结合料卸在做标记的地点，并检查有误遗漏和多余。

8.2.7.2 用刮板将无机结合料均匀摊开，路段表面应没有空白位置，也没有无机结合料过分集中的区域，每袋无机结合料的摊铺面积应相等。

8.2.8 二次拌和

8.2.8.1 采用初步拌和设备对摊铺水泥后的土进行二次拌和，拌和次数为 2 遍~3 遍。

8.2.8.2 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。

8.2.8.3 拌和后的稳定土应色泽一致，没有灰条、灰团和花面现象。

8.2.9 整形

8.2.9.1 稳定土拌和均匀后，应及时采用平地机进行初步整形。在初平的路段上，应用拖拉机、平地机或轮胎压路机快速碾压一遍。

8.2.9.2 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，并用新拌的混合料找平，再

- 碾压一遍。
- 8.2.9.3 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。
- 8.2.9.4 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。
- 8.2.9.5 人工整形时，应用锹和耙先将混合料摊平，用路拱板整形。用拖拉机初压 1 遍~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。
- 8.2.10 碾压
- 8.2.10.1 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 遍~3 遍。
- 8.2.10.2 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 遍~8 遍。
- 8.2.10.3 压路机前两遍的碾压速度宜为 1.5 km/h ~1.7km/h，以后宜为 2.0 km/h ~2.5km/h。
- 8.2.10.4 采用人工摊铺和整形的稳定土，宜先用拖拉机或轮胎压路机碾压 1 遍~2 遍，再用重型压路机碾压。
- 8.2.10.5 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。
- 8.2.10.6 碾压过程中，稳定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。
- 8.2.10.7 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。
- 8.2.10.8 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并扫出路外，对局部低洼之处，不再找补。
- 8.2.10.9 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。

8.3 厂拌法施工

8.3.1 工艺说明

- 8.3.1.1 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、固化剂和无机结合料集中拌制成混合料，通过运输车运送至现场摊铺的施工方法。
- 8.3.1.2 厂拌法施工的工艺流程宜按图 3 的顺序进行。

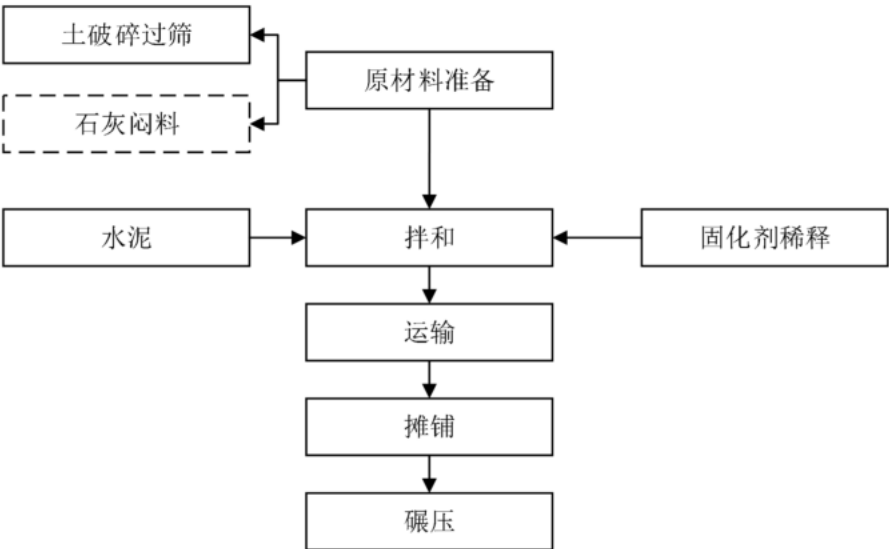


图 3 厂拌法施工工艺流程

8.3.2 原材料准备

8.3.2.1 厂拌法拌和设备宜采用强制式搅拌机，并配备水泥料仓、储水罐、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，确保稳定土配合比满足设计要求。

8.3.2.2 土块应粉碎，最大尺寸应不大于 15mm，且宜采取覆盖措施，防止雨淋。固化剂应按照设计剂量预先加入到水中进行稀释，具体要求和办法见 8.2.5。

8.3.2.3 对于需要添加石灰的稳定土，需要提前 3d~7d 将石灰与土拌和后一起闷料。

8.3.3 拌和

8.3.3.1 在正式拌制稳定土之前，应通过设备调试使稳定土的含水率等满足配合比设计要求。

8.3.3.2 应保证稳定土在拌缸中具有足够的拌和时间，保证稳定土材料的均匀性。

8.3.3.3 天气炎热或运距较远时，稳定土拌和时宜适当增加 1%~2% 的含水率。

8.3.4 运输

8.3.4.1 应根据工程量的大小和运距的长短，配备足够数量的稳定土运输车。

8.3.4.2 稳定土运输车装好料后应尽快运送到铺筑现场，并采用篷布进行覆盖，减少路途或现场排队等候造成的水分散失。

8.3.5 摊铺

8.3.5.1 稳定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。

8.3.5.2 应在下承层施工质量检测合格后，开始摊铺上面结构层。

8.3.5.3 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。

8.3.6 碾压

8.3.6.1 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。

8.3.6.2 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。

8.3.6.3 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。

8.3.6.4 碾压过程中若出现软“弹簧”、松散、起皮现象时，应及时将该路段稳定土挖出，重新换填新料碾压。

8.3.6.5 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。

8.4 接缝处理

8.4.1 同日施工的两个工作段，前一段拌和整形后，留 5m~8m 不碾压，后一段施工时，在前一段的未压部分再加部分水泥重新拌和，并与后一段一起碾压。

8.4.2 每天最后一段施工缝的做法应符合下列规定：

- a) 在已碾压完成的稳定材料层的末端挖出一条横贯路宽、宽约 300mm 的槽，直下至下承层顶面。
在槽内放置两根与压实厚度等厚、长为全宽一半的方木紧贴已碾压完成的端面；
- b) 用原挖出的材料回填槽内其余部分；
- c) 第二天邻接作业段拌和后除去方木，用稳定土材料回填；
- d) 靠近方木未能拌和的一小段，应人工补充拌和；
- e) 整平时，接缝处的稳定材料应较已完成断面高出约 50mm；
- f) 新稳定材料碾压过程中，应将接缝处修整平顺。

8.4.3 应避免出现纵向接缝。分两幅施工时，纵缝应垂直相接，并应符合下列规定：

- a) 前一幅施工时，在靠中央一侧应用与稳定材料层的压实厚度相同的方木或钢模板作支撑；
- b) 混合料拌和结束后，靠近支撑的部分，应人工补充拌和，再整形和碾压；
- c) 应在铺筑后一幅之前拆除支撑；
- d) 后一幅稳定材料拌和结束后，靠近前一幅的部分，宜人工补充拌和，再整形和碾压。

8.5 养生

8.5.1 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。

8.5.2 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，始终保持稳定土层表面湿润。

8.5.3 养生期间应封闭交通，除洒水车 and 小型通勤车辆外严禁其他车辆通行。

9 施工质量管理与检查验收

9.1 一般规定

9.1.1 基层、底基层的质量标准与控制应包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收等方面。

9.1.2 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时停工整顿，查找原因并进行处理。

9.1.3 施工结束后，应开展质量检查和验收，合格后方可进行下一个工序。凡经检验不合格的部分，必须进行整改重做。

9.1.4 施工结束后，应清理杂物、整理现场，按规定复耕或绿化。

9.2 铺筑试验段

9.2.1 基层、底基层正式施工前，应铺筑试验段，长度宜为 200m~300m。

9.2.2 通过试验段铺筑验证混合料配合比设计结果，确定稳定土拌和、摊铺及碾压等施工关键参数，并根据需要进行调整。

9.2.3 应对试验段施工过程中的稳定土含水率、7d 无侧限抗压强度及施工后的压实度、弯沉、取芯结果等进行检测，并开展试验段总结，编制试验段检测报告。

9.2.4 将试验段确定的配合比、含水率、松铺系数、碾压工艺等施工关键参数作为施工过程中质量要求和控制的标准。

9.2.5 试验段不满足技术要求时，应重新铺筑试验段。试验段各项指标合格后，方可正式施工。

9.3 施工过程质量控制

9.3.1 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。

9.3.2 开工前及施工过程中，应对拟采用的材料质量按照表 10 要求的检查项目、频度和技术标准进行检测评定。

表 10 施工过程中的材料质量检查项目、频度和技术标准

序号	检查项目		频度	技术标准
1	原材料抽检	无机结合料质量	每批次	满足本文件要求
2		固化剂质量	每批次	
3		土	每批次	
4	混合料抽检	无机结合料剂量	每 2000m ² 1 次	不小于设计值-1.0%
5		固化剂掺量	随时检查	不小于设计值

表 10 施工过程中的材料质量检查项目、频度和技术标准（续）

6	混合料抽检	最大干密度	随时检查	/
7		含水率	每 2000m ² 1 次	与最佳含水率绝对误差不大于 2%
8		7d 无侧限抗压强度	每一作业段不少于 9 个	不小于设计值
9		抗水性能	随时检查	满足本文件要求
10		自修复性能	随时检查	

注：7d 无侧限抗压强度检测采用施工前场取回的样本进行室内成型。

9.3.3 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。

9.3.4 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 11 中的要求。

9.3.5 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。

9.3.6 养生期达到 7d 后应通过钻取芯样的方式检查稳定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。

9.3.7 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。

表 11 施工过程中的工程质量检查项目、频度和技术标准

序号	检查项目			频度	技术标准	
1	压实度（%）			6~10 处	基层	96
					底基层	95
2	弯沉值			每一评定段（不超过 1km）40~50 个测点	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	
3	基层	纵断高程（mm）		每 20m 1 点	+5~-15	
4		厚度（mm）	均值	每 1500~2000 m ² 6 点	≥-10	
			单个值		≥-20	
5		宽度（mm）		每 40m 1 处	>0	
6		横坡度（%）		每 100m 3 处	±0.5	
7		平整度（mm）		每 200m 2 处，每处连续 10 尺（3m 直尺）	≤12	
8	底基层	纵断高程（mm）		每 20m 1 点	+5~-15	
9		厚度（mm）	均值	每 1500~2000 m ² 6 点	≥-10	
			单个值		≥-20	
10		宽度（mm）		每 40m 1 处	>0	
11		横坡度（%）		每 100m 3 处	±0.5	
12		平整度（mm）		每 200m 2 处，每处连续 10 尺（3m 直尺）	≤12	

附录 A 高分子活性成分含量试验

(规范性)

A.1 高分子活性成分提取

精确称取 10.0000g (精确到 0.0001) 固化剂材料于 100ml 烧杯内 (记录质量为 m , 单位: g), 加入 25ml 甲苯溶剂, 用保鲜膜封口, 并用针扎几个小孔, 然后再 50℃ 水浴条件下, 用超声波振荡器提取 30min, 静置分层后, 收集下层清液, 再次加入 25ml 去离子水, 超声波震荡提取 10min, 重复两次。将提取的高分子-甲苯溶液 80℃, 0.098MPa 条件下除去甲苯, 得到高分子总成分。重复提取三份。

A.2 高分子活性成分基团含量测定

A.2.1 配制盐酸-丙酮溶液, 用移液管移取 150mL 丙酮溶液, 放入塞磨口锥形瓶中, 用新的移液管移取 1.2mL 盐酸倒入, 均匀混合, 现配现用。

A.2.2 在提取到的高分子成分中, 用移液管准确加入盐酸-丙酮 20mL, 塞紧瓶口, 摇匀后, 放在 45℃ 水浴中恒温静置 1 小时, 使其充分反应。

A.2.3 至少加 3 滴混合指示剂在已经溶解的试样中。在自动电位滴定仪中加入已准确标定浓度的氢氧化钠乙醇-水溶液 (浓度为 C , 单位: mol/L), 在不断搅拌的状态在滴定碱液, 直至刚好显现紫蓝色并保持颜色至少稳定 10s, 滴定结束, 记录数据 (V_1 , 单位: L)。

A.2.4 用 20mL 溶剂以相同方法进行空白测定。记录所滴定氢氧化钠乙醇-水溶液体积 (V_0 , 单位: L)。

A.3 计算方法

高分子活性成分含量 W 按式 A.1 计算。

$$W = \frac{(V_0 - V_1) \times C}{m} \times M \times 100 \quad (\text{A.1})$$

其中:

W ——固化剂材料高分子活性成分含量 (%);

V_0 ——20ml 盐酸-丙酮溶液所消耗的 NaOH 的溶液体积 (L);

V_1 ——固化剂材料高分子有效成分所消耗的 NaOH 溶液的体积 (L);

C ——NaOH 乙醇-水标准溶液的浓度 (mol/L);

m ——固化剂材料的质量 (g);

M ——高分子活性成分的摩尔质量 (g/mol)。

附录 B 无侧限抗压强度试验

(规范性)

B.1 无侧限抗压强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件。

B.2 无侧限抗压强度试验试件的径高比应为 1:1，稳定土采用细粒土，其试件直径应为 50mm。

B.3 强度试验时，平行试验的最少试件数量应符合表 B.1 的规定。

表 B.1 平行试验最少试件数量要求

变异系数	<10%	10%~15%	>15%
平行试验最少试件数量	6	9	重做

B.4 根据试验结果，应按式 B.1 计算无侧限抗压强度 R_d ，并按式 B.2 计算强度代表值 R_d^0 。

$$R_d = 1.273277 \frac{P}{D^2} \quad (\text{B.1})$$

式中：

R_d ——试件的 7d 无侧限抗压强度 (MPa)；

P ——试件破坏时的最大压力 (N)；

D ——试件的直径 (mm)。

$$R_d^0 = \bar{R} \cdot (1 - Z_\alpha C_v) \quad (\text{B.2})$$

式中：

Z_α ——标准正态分布表中随保证率或置信度 α 而变的系数，取保证率 90%，即 $Z_\alpha = 1.282$ ；

$\bar{R}$ ——一组试验的抗压强度平均值；

C_v ——一组试验的抗压强度变异系数。

B.5 抗压强度数据处理时，宜按 3 倍标准差的标准剔除异常数值，最多允许有 1 个异常值，异常值超过 1 个时应重做试验。同一组试验的变异系数不大于 6% 时方为有效，若不满足要求应加大试验数量，并重做试验。

B.6 试件的 7d 无侧限抗压强度代表值 R_d^0 应不小于强度标准值 R_d ，如式 B.3。当 $R_d^0 < R_d$ 时，应重新进行配合比试验。

$$R_d^0 \geq R_d \quad (\text{B.3})$$

附录 C 劈裂强度试验

(规范性)

- C.1 劈裂强度试验时，应按现场压实度标准采用静压法成型试件。
- C.2 劈裂强度试验试件的径高比应为 1:1，稳定土采用细粒土，其试件直径应为 50mm。
- C.3 劈裂强度试验时，平行试验的最少试件数量应符合表 B.1 的规定。
- C.4 根据试验结果，应按式 C.1 计算劈裂强度 R_t 。

$$R_t = 0.012526 \frac{P}{h} \quad (\text{C.1})$$

式中：

R_t ——试件的劈裂强度 (MPa)；

P ——试件破坏时的最大压力 (N)；

h ——试件的高度 (mm)。

- C.5 劈裂强度数据处理时，宜按 3 倍标准差的标准剔除异常数值，最多允许有 1 个异常值，异常值超过 1 个时应重做试验。同一组试验的变异系数不大于 6% 时方为有效，若不满足要求应加大试验数量，并重做试验。

附录 D 抗水性能试验

(规范性)

- D.1 同一配比的稳定土材料制备 12 个无侧限抗压强度标准试件，6 个一组，共两组。
- D.2 一组试件采用标准养生龄期 7d，养生龄期最后一天浸于 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的水中，第二组采用标准养生至同龄期（不浸水）。
- D.3 对上述两组试件分别开展无侧限抗压强度试验，并通过式 D.1 计算稳定土材料的水稳定性系数。

$$WSC = \frac{R_d^1}{R_d^0} \times 100 \quad (\text{D.1})$$

式中：

 WSC ——水稳定性系数（%）； R_d^0 ——不浸水的无侧限抗压强度（MPa）； R_d^1 ——浸水 24h 的无侧限抗压强度（MPa）。

- D.4 将不添加固化剂的稳定土材料作为基准试件，添加固化剂的稳定土材料作为检测试件，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 D.2。

$$WSCR = \frac{WSC_1}{WSC_0} \quad (\text{D.2})$$

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（%）。

- D.5 水稳定性系数 WSC 和水稳定性系数比 $WSCR$ 应满足表 7 中的技术要求，如不满足时应重新进行配合比试验。

附录 E 自修复性能试验

(规范性)

E.1 同一配比的稳定土材料制备 12 个无侧限抗压强度标准试件，6 个一组，共两组。

E.2 两组试件均采用标准养生龄期 7d。

E.3 养生结束后，其中一组试件开展劈裂强度试验，并计算最大荷载 f_d 和劈裂强度 R_i^0 。另一组试件加载至最大荷载的 80% 后卸载，然后放置于标准养生室养生 15d 后开展劈裂强度试验，计算劈裂强度 R_i^1 。

E.4 通过式 E.1 计算稳定土材料的自修复系数。

$$SHC = \frac{R_i^1}{R_i^0} \times 100 \quad (E.1)$$

式中：

SHC ——自修复系数（%）；

R_i^0 ——7d 劈裂强度（MPa）；

R_i^1 ——养生 15d 后的劈裂强度（MPa）。

E.5 将不添加固化剂的稳定土材料作为基准试件，添加固化剂的稳定土材料作为检测试件，通过检测试件的自修复系数与基准试件的自修复系数比值计算自修复系数比，如式 E.2。

$$SHCR = \frac{SHC_1}{SHC_0} \quad (E.2)$$

式中：

$SHCR$ ——自修复系数比；

SHC_0 ——基准试件的自修复系数（%）；

SHC_1 ——检测试件的自修复系数（%）。

E.6 自修复系数 SHC 和自修复系数比 $SHCR$ 应满足表 7 中的技术要求，如不满足时应重新进行配合比试验。