

ICS 93.080.01
CCS P 66

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1464—2021

DB 61/T 1464—2021

公路工程固化土基层技术规范

Technical specification for solidified soil base of highway engineering

2021 - 06 - 10 发布

2021 - 07 - 10 实施

陕西省市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语与定义 1

4 材料 2

5 固化土混合料配合比 3

6 设计 5

7 施工 5

8 质量控制 8

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。

本文件由陕西省交通运输厅提出。

本文件由陕西省交通运输标准化委员会归口。

本文件起草单位：西安公路研究院有限公司、陕西省榆林公路管理局、西安银鼎科技有限公司、江苏路业建设有限公司、西安同鑫伟业环保科技有限公司。

本文件主要起草人：徐希娟、张名成、郭克清、马润前、王真、李庆辉、屈升武、李娜、周新锋、李龙龙、李晓娟、贾德生、李玉骁、任文辉、张心纯。

本文件由西安公路研究院有限公司负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：西安公路研究院有限公司

电话：029-87827201

地址：陕西省西安市高新六路60号

邮编：710065

公路工程固化土基层技术规范

1 范围

本文件规定了公路工程固化土基层的材料、混合料配合比、设计、施工及质量控制的要求。
本文件适用于各等级公路新建或改（扩）建工程的设计和施工，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 5085.3 危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别
GB/T 208 水泥密度测定方法
GB/T 1345 水泥细度检验方法筛析法
GB/T 1346 水泥标准稠度、凝结时间、安定性检验方法
GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
GB/T 50145 土的工程分类标准
CJ/T 486 土壤固化剂外加剂
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 E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG 3430 公路土工试验规程
JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

3 术语与定义

3.1

土壤固化剂 soil stabilizer

通过与无机结合料、土壤和水的物理和（或）化学反应，改善土的工程性能的外加剂，简称土壤固化剂。

[来源：土壤固化剂外加剂 CJ/T 486—2015，3.1，有修改]

3.2

固化土混合料 solidified soil mixture

由土壤、土壤固化剂、无机结合料和水等按一定比例拌和得到的混合料。

3.3

固化土基层（底基层） solidified soil base (subbase)
采用固化土混合料铺筑的路面基层（底基层）。

4 材料

4.1 土

- 4.1.1 土应符合 GB/T 50145 中细粒组以及低液限土的规定，宜以细粒土为主。土中有机质含量（质量比）不应超过 5 %。
- 4.1.2 土中不得含草根、树根及乱石等杂物，不可使用淤泥、沼泽土、含草皮土、生活垃圾和腐殖质土。
- 4.1.3 特殊土、建筑垃圾渣土、工业废渣经过处理和固化试验符合技术要求的，也可作为基层和底基层用土原材料。
- 4.1.4 土使用前应进行颗粒分析、液塑限和塑性指数、有机质含量、pH 值、天然含水率试验。

4.2 无机结合料

- 4.2.1 无机结合料包括水泥、石灰、粉煤灰等无机胶凝材料。
- 4.2.2 水泥应符合 GB 175 的规定，应采用强度等级为 42.5 级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥初凝时间应大于 3 h，终凝时间应在 6 h 以上且小于 10 h。水泥安定性应合格，不应使用快硬水泥、早强水泥及受潮变质过期水泥。
- 4.2.3 石灰应采用消石灰或生石灰，消石灰中不应含有未消解的生石灰颗粒。消石灰和生石灰应符合 JTG/T F20 的规定。高速公路和一级公路用石灰等级应不低于Ⅱ级，二级及二级以下公路用石灰等级应不低于Ⅲ级。
- 4.2.4 粉煤灰应符合 JTG/T F20 的规定。

4.3 土壤固化剂

- 4.3.1 土壤固化剂按形态分为液体和粉体。
- 4.3.2 土壤固化剂技术性能指标应符合 CJ/T 486 的规定。
- 4.3.3 液体土壤固化剂不应有沉淀或絮状现象，其匀质性及稳定性指标应符合表 1 的规定。

表1 液体土壤固化剂技术要求

项目	技术要求
外观	常温下呈均匀状态，不应有沉淀分层
密度/（g/cm ³ ）	生产厂控制值±0.03
pH 值	生产厂控制值±1.0
含固量/%	生产厂控制值±2.0
稳定性	5℃放置 28 d 后不产生析晶和分层，且上层液体含固量与 20℃含固量差不应大于 3 %

- 4.3.4 粉体土壤固化剂包括水泥基固化剂、石灰基固化剂和工业废渣复合固化剂，其技术性能指标应符合表 2 的规定。

表2 粉体土壤固化剂技术要求

项目	技术要求
外观	均匀一致，不应有结块
密度/(g/cm ³)	生产厂控制值±0.03
含水率/%	≤1
细度(80 μm 方孔筛筛余量)/%	≤10
凝结时间	初凝≥45 min；终凝≤10 h

4.3.5 液体土壤固化剂及粉体土壤固化剂浸出液中镉、砷、汞、铅、铬、镍、铜、锌重金属含量最大值应符合 GB/T 25499 的规定。

4.4 水

水应符合 JTG/T F20 的规定。

5 固化土混合料配合比

5.1 一般规定

5.1.1 固化土混合料配合比设计时应结合当地材料特点和设计要求，根据土的种类特性、道路等级、应用层位以及经济合理性，选用适合的无机结合料和土壤固化剂种类。

5.1.2 液体土壤固化剂应与无机结合料共同使用，粉体土壤固化剂可单独使用。

5.2 混合料强度

5.2.1 采用 7 d 无侧限抗压强度作为固化土混合料配合比设计的主要指标。

5.2.2 配制固化土的混合料，应通过击实试验确定其最佳含水率和最大干密度。

5.2.3 固化土混合料应在最大干密度、最佳含水率及压实度要求下成型试件，经标准养护后测定的 7 d 无侧限抗压强度应符合表 3 和表 4 的规定。

表3 液体土壤固化剂固化土 7 d 无侧限抗压强度标准

单位为：MPa

层位	固化土种类	公路等级	荷载等级		
			极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	水泥固化土	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
	水泥-粉煤灰固化土		3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
	石灰-粉煤灰固化土		≥1.0	≥0.9	≥0.8
	石灰固化土		--	--	≥0.8
底基层	水泥固化土	高速公路和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
		二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0
	水泥-粉煤灰固化土	高速公路和一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
		二级及二级以下公路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0
	石灰-粉煤灰固化土	高速公路和一级公路	≥0.8	≥0.7	≥0.6
		二级及二级以下公路	≥0.7	≥0.6	≥0.5
	石灰固化土	高速公路和一级公路	≥0.8	≥0.8	≥0.8
		二级及二级以下公路	≥0.7	≥0.6	≥0.5

表4 粉体土壤固化剂固化土 7 d 无侧限抗压强度标准

单位为: MPa

层位	固化土种类	公路等级	荷载等级		
			极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	水泥基固化土	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
	石灰基固化土		≥1.0	≥0.9	≥0.8
	工业废渣复合固化土		3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
底基层	水泥基固化土	高速公路和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
		二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0
	石灰基固化土	高速公路和一级公路	≥0.8	≥0.8	≥0.8
		二级及二级以下公路	≥0.7	≥0.6	≥0.5
	工业废渣复合固化土	高速公路和一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
		二级及二级以下公路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0

5.3 配合比设计

5.3.1 固化土混合料配合比设计宜采用质量比,无机结合料和土壤固化剂掺量宜采用占干燥土质量的百分率表示。

5.3.2 采用液体土壤固化剂时,固化土混合料配合比设计宜按下列步骤进行:

- 选取无机结合料时,对塑性指数小于或等于 17 的土应选用水泥或水泥-粉煤灰,对塑性指数大于 17 的土应选用石灰或石灰-粉煤灰;
- 采用水泥结合料时,水泥掺量宜按表 5 中相应公路等级选取,并宜选用初选水泥用量及增加和减少 1.0 % 的 3 个对比用量;

表5 固化土推荐水泥用量

单位为: %

层位	公路等级	
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路
基层	--	4~6
底基层	4~6	3~5

- 采用石灰结合料时,石灰用量可选取以干燥土质量 5 %~10 % 内的 3 个对比用量;
- 采用石灰-粉煤灰结合料时,石灰用量可选取以干燥土质量 5 %~10 % 之间的 3 个对比用量,选用石灰和粉煤灰的 3 个不同配比,石灰与粉煤灰的质量比宜为 1:2~1:4;
- 采用石灰、石灰-粉煤灰结合料时,石灰和粉煤灰应与土样闷料 4 h~12 h;
- 土壤固化剂掺量宜选用厂家推荐用量及增加和减少 10 % 的 3 个对比用量,按设定的无机结合料用量,将土壤固化剂按选定的不同配比加入水稀释后再与土样和无机结合料进行搅拌,完成试件制备与标准养护;
- 测定固化土混合料试件 7 d 无侧限抗压强度,根据试验结果确定土壤固化剂种类及掺量,宜选择符合设计要求、较小无机结合料掺量的配合比。当试配结果不满足设计要求时,应调整配合比重新试验。

- 5.3.3 采用粉体土壤固化剂时，固化土混合料配合比设计宜按下列步骤进行：
- a) 土壤固化剂宜选取厂家推荐用量及增加和减少 1 % 的 3 个对比用量；
 - b) 对固化土混合料进行击实试验，确定其最大干密度和最佳含水率；
 - c) 测定固化土混合料试件 7 d 无侧限抗压强度，根据试验结果确定选用的土壤固化剂种类及掺量。
- 5.3.4 固化土混合料配合比设计除满足以上要求外，还应符合 JTG/T F20 的相关规定。

6 设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 固化土基层和底基层应具有足够的强度、稳定性和较小的收缩（温缩及干缩）变形。
- 6.1.2 固化土基层和底基层结构设计应符合 JTG D50 或 JTG D40 的相关规定。

6.2 基层设计

- 6.2.1 固化土基层和底基层的 7 d 无侧限抗压强度指标应符合本文件表 3 和表 4 的规定。每层结构设计厚度不应小于 15 cm。
- 6.2.2 固化土基层和底基层结构设计时，根据工程所用土的胀缩应变，可加入砂石、配筋纤维、膨胀剂或收缩补偿剂。
- 6.2.3 固化土的干缩试验应按 JTG E51 的相关规定进行，干缩应变值应不大于 1000×10^{-6} 。
- 6.2.4 固化土基层和底基层设计时，在有条件的情况下，固化土材料性能应根据试验数据取值，无条件时可按表 6 取值。

表6 固化土材料性能参数

单位为：MPa

7 d 无侧限抗压强度	弯拉强度	弹性模量
5.0~7.0	0.8~1.0	5000~6000
2.0~5.0	0.6~0.8	4000~5000
0.5~2.0	0.3~0.6	3000~4000
注：结构验算时，固化土材料弹性模量应乘以结构层模量调整系数 0.5。		

7 施工

7.1 一般规定

- 7.1.1 土壤固化剂应附有材料出厂合格证和质量检验报告，现场堆放时应满足厂家对材料储存条件要求。
- 7.1.2 每一作业单元施工必须在固化土混合料凝结时间内完成。更换土源时应重新进行试验。
- 7.1.3 施工宜在气温较高季节施工，施工期日最低气温应在 5 ℃ 以上，雨天禁止施工。
- 7.1.4 施工前应先铺筑长度不小于 200 m 的试验路段，确定固化土混合料的松铺系数、碾压机具和碾压遍数等施工技术参数。
- 7.1.5 二级及二级以上公路的基层和底基层施工，宜采用厂拌法拌和混合料，并用摊铺机摊铺。

7.2 施工准备

- 7.2.1 施工人员就位，进场材料、机械设备应符合施工技术要求。
- 7.2.2 施工应合理划分作业单元，采用流水作业，每一单元面积宜为 1000 m²~3000 m²。

7.3 路拌法施工

7.3.1 路拌法施工工艺流程见图 1。

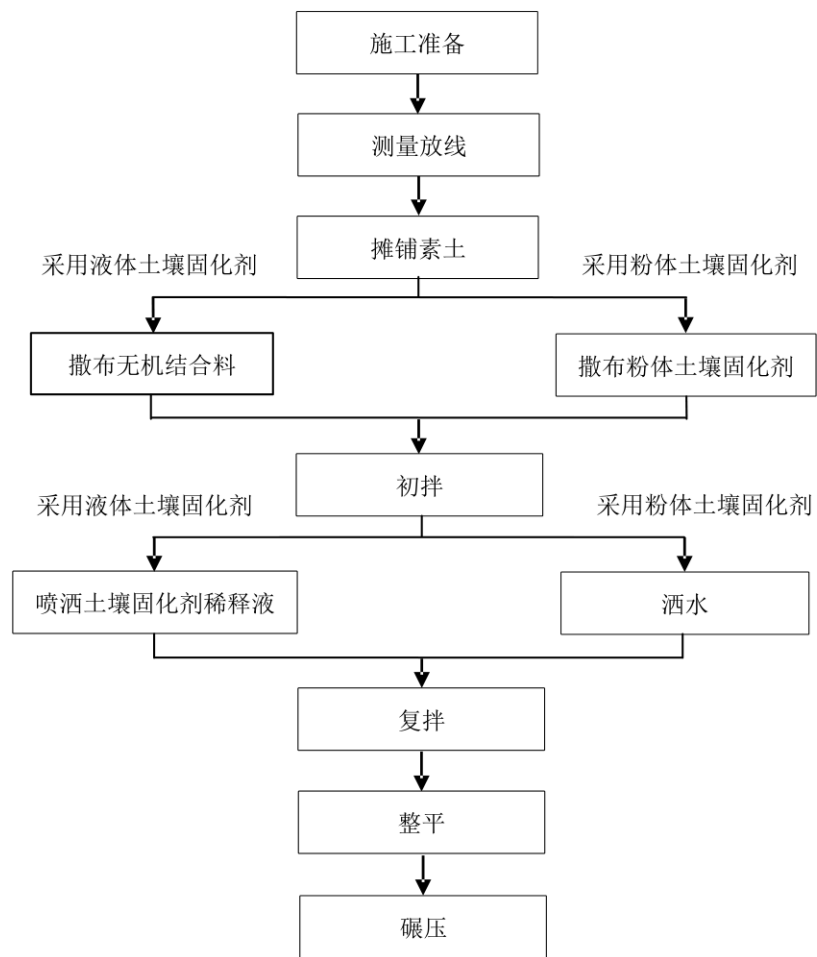


图1 路拌法施工流程

- 7.3.2 施工前，下承层表面应平整、坚实，具有规定的路拱，其平整度和压实度应符合 JTG/T F20 的相关规定。
- 7.3.3 在下承层上测量放线，布设中线与边线，设置标桩并标出填筑高程，松铺厚度应根据压实厚度乘以松铺系数确定。
- 7.3.4 摊铺土料时，应采用推土机摊铺，平地机平整，并应达到预定松铺厚度和宽度。
- 7.3.5 摊铺袋装的水泥或粉体土壤固化剂时，应按每袋料能够拌和的面积划出方格，在方格内均匀铺满水泥；摊铺散装的水泥、石灰、粉煤灰或粉体土壤固化剂时，宜采用粉料撒布机。
- 7.3.6 采用路拌机进行混合料初拌，拌和宜为 2 遍。拌和应均匀，不得漏拌，拌和后混合料颜色应一致。拌和宜深入下层 5 mm~10 mm，层底不得留有未掺拌的“素土夹层”，每次拌和宽度应重叠 30 cm~50 cm，边缘不得留有素土或未拌和的空白区。

- 7.3.7 采用液体土壤固化剂时，应将其和水混合稀释后，用压力洒水车喷洒在初拌混合料上；采用粉体土壤固化剂时，则直接喷洒水。喷洒应均匀、不遗漏，中途不得停车。
- 7.3.8 复拌时拌和要求应与初拌一致，拌和次数不宜低于 2 遍。
- 7.3.9 整平时宜采用压路机稳压 1 遍，然后采用平地机进行整平。
- 7.3.10 碾压应符合下列规定：
- a) 碾压时结合现场土质、气候采用压路机碾压 2 遍～4 遍。直线段应由两侧向中心进行碾压，平曲线段应由内侧向外侧碾压，碾压时前后应重叠半轮宽。压实度应符合表 7 的规定；
 - b) 压路机碾压时第 1 遍和第 2 遍的碾压速度应为 1.5 Km/h～1.7 Km/h，后续碾压速度宜为 2.0 Km/h～2.5 Km/h；
 - c) 施工横接缝处应搭接拌和，搭接部位宜留出 8 m～10 m 不进行碾压，后一段施工时再将前一段未碾压段添加水泥或石灰、土壤固化剂重新拌和，两段一起碾压；
 - d) 固化土底基层碾压完成后，应当保持潮湿状态，进行处理后再摊铺基层拌和料。

表7 公路固化土基层和底基层压实度

单位为：%

层位	公路等级	
	高速公路和一级公路	二级及二级以下公路
基层	--	95
底基层	95	93

- 7.3.11 压路机不得在已完成的或正在碾压的路段上掉头或紧急制动。
- 7.3.12 施工应避免纵向接缝。分两幅施工时，纵缝应垂直相接。前一幅施工时，应在靠中央的另一侧支设模板作支撑，并在铺筑后一幅前拆除。后一幅铺筑时，相接处应人工补充拌和，再一起整形碾压。

7.4 厂拌法施工

7.4.1 厂拌法施工工艺流程见图 2。

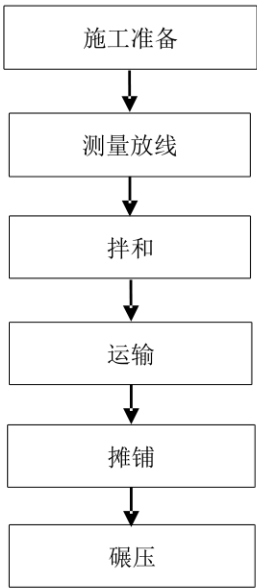


图2 厂拌法施工流程

- 7.4.2 施工准备和测量放线应按本文件 7.3.2 条~7.3.3 条的规定执行。
- 7.4.3 土料拌和前应充分粉碎，固化土混合料宜采用强制式搅拌机按照室内试验确定的混合料配合比进行拌和。液体土壤固化剂应提前稀释。
- 7.4.4 混合料运输过程中应采取封闭措施，运输时间不应超过 1 h。
- 7.4.5 摊铺与整平应采用摊铺机、平地机进行作业，局部修整时可采用人工辅助。
- 7.4.6 碾压应按本文件 7.3.10 条~7.3.11 条的规定执行。

7.5 养生

- 7.5.1 碾压完成后应立即进行养生，养生期不得少于 7 d。
- 7.5.2 根据现场气候条件养生可采取洒水、薄膜覆盖、土工布覆盖等方式。
- 7.5.3 养生期间应封闭交通，除洒水车外严禁其他车辆通过。养生期满后应进行下道工序施工。

8 质量控制

8.1 材料检验

- 8.1.1 施工前按照本文件及国家、行业标准相关要求对材料进行检验，检验合格后方可使用。
- 8.1.2 材料检验项目、频度和方法应符合表 8 的规定。

表8 材料检验频度和方法

种类	项目	频度	试验方法
土	颗粒分析	每 5000 m ³ 为一批，每批检验一次	JTG 3430 (T 0115)
	液塑限和塑性指数		JTG 3430 (T 0118)
	有机质含量		JTG 3430 (T 0151)
	pH 值		JTG 3430 (T 0149)
	天然含水率		JTG 3430 (T 0103)
液体土壤固化剂	外观	每 20 t 为一批，每批检验一次	目测
	密度/(g/cm ³)		GB/T 8077
	pH 值		
	含固量/%		将装有 500 mL 液体土壤固化剂的透明容器放置在 (5±1)℃ 的冰箱中，28 d 后目测是否有析晶；从土壤固化剂距液体表面的 1/3 处吸取溶液按 GB/T 8077 的方法测定含固量
	稳定性		
粉体土壤固化剂	外观	袋装不超过 200 t 为一批，散装不超过 500 t 为一批，每批检验一次	目测
	密度/(g/cm ³)		GB/T 208
	含水率/%		GB/T 8077
	细度 (80 μm 方孔筛筛余量)/%		GB/T 1345
	凝结时间		GB/T 1346

8.1.3 用作固化土基层和底基层的水泥、石灰、粉煤灰和水应按 JTG/T F20 的检验项目和要求检验。

8.2 混合料检验

固化土混合料检验项目、频度和方法应符合表9的规定。

表9 固化土混合料检验频度和方法

项目	频度	质量要求	试验方法
均匀性	随时观察	整体颜色均匀	目测
含水率	每 2000 m ² 检查 1 次	最佳含水率-1 %~+1 %	JTG E51 (T 0801)
水泥、石灰剂量	每 2000 m ² 检查 1 次	设计剂量 0~+0.5 %	JTG E51 (T 0809)

8.3 施工过程检验

8.3.1 固化土基层和底基层施工过程中每道工序完成均应进行检查验收，合格后方可进行下道工序。

8.3.2 固化土基层和底基层施工过程质量控制检验项目、频度和方法应符合表 10 的规定。

表10 施工过程质量控制检验频度和方法

项目	频度	质量要求	试验方法
7 d 无侧限抗压强度	每作业段或每 2000 m ² 测 1 组 9 个试件	符合表 3 和表 4 规定	JTG E51 (T 0805)
压实度	每作业段或每 2000 m ² 测 6 个点	符合表 7 规定	JTG 3450 (T 0921)

8.3.3 固化土基层和底基层外形尺寸及检验频度应符合 JTG/T F20 的相关规定。