

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1691—2023

公路复合稳定黄土路基施工技术规范

Technical specifications for construction of highway subgrade of composite
stabilized loess

2023 - 05 - 25 发布

2023 - 06 - 25 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 术语和定义..... 1

4 基本要求..... 2

5 施工技术..... 2

6 质量检验与验收..... 7

附录 A （资料性） 路拌法施工工艺流程图..... 9

附录 B （资料性） 厂拌法施工工艺流程图..... 10

参考文献..... 11

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并归口。

本文件起草单位：陕西交通控股集团有限公司，长安大学，吉林中路新材料有限责任公司。

本文件主要起草人：李锋、薛振年、关博文、陈华鑫、党栋、张建光、李耀国、葛磊、王君、吴嘉、熊锐、郭佩、轩诣雄、王天华、高伟超

本文件由陕西交通控股集团有限公司负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西交通控股集团有限公司

电话：029-87832666

地址：陕西省西安市雁塔区太白南路9号

邮编：710065

公路复合稳定黄土路基施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路工程复合稳定黄土路基施工的基本要求、施工技术和质量检验与验收的要求。
本文件适用于各等级公路新建和改（扩）建工程复合稳定黄土路基的施工。

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/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 土壤固化外加剂
JTG 3430 公路土工试验规程
JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
JTG D30 公路路基设计规范
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/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准

3 术语和定义

CJ/T 486中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合稳定黄土 composite stabilized loess soil

以黄土和黄土状土为基本材料，用土壤固化剂和石灰、水泥、粉煤灰等无机结合料按一定比例均匀掺配而形成的混合料。

3.2

土壤固化剂 soil stabilizer

加入土料中，可以提高复合稳定土的强度，改善物理力学性能的助剂。常用土壤固化剂按产品形态，分为液体土壤固化剂和粉状土壤固化剂。

[来源：土壤固化外加剂 CJ/T 486—2015，3.1，有修改]

3.3

无机胶结料 inorganic cementing materials

能够胶结土粒的胶凝材料，如水泥、石灰、粉煤灰以及一些利用工业废渣制备的无机胶凝材料等。

3.4

凝结时间影响系数 influence coefficient of setting time

复合稳定土混合料停放4h后成型试件与立即成型试件的无侧限抗压强度之比。

[来源： CJ/T 486—2015，3.6，有修改]

3.5

胶凝时间影响系数比 ratio of influence coefficient of setting time

检测试件与基准试件凝结时间影响系数的比值。

[来源： CJ/T 486—2015，3.7]

3.6

无侧限抗压强度比 ratio of unconfined compressive strength

检测试件与基准试件同龄期7d无侧限抗压强度的比值。

[来源： CJ/T 486—2015，3.8]

3.7

水稳系数 coefficient of water stability

采用标准养生龄期7d最后24h浸水的复合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之比。

[来源： CJ/T 486—2015，3.9，有修改]

3.8

水稳系数比 ratio of coefficient of water stability

检测试件与基准试件水稳系数的比值。

[来源： CJ/T 486—2015，3.10]

4 基本要求

4.1 根据已确定使用土的种类和性质以及所用于道路的等级和层位等，选用符合要求的胶结料和固化剂类型。

4.2 复合稳定黄土配合比设计时，应根据黄土特性和混合料设计要求，选择技术合理、经济可行的混合料类型和配合比。

4.3 复合稳定黄土路基应具有足够的强度和稳定性，且符合 JTG D30 的规定。

4.4 复合稳定黄土混合料最大干密度指标确定应采用重型标准击实方法。

4.5 复合稳定黄土路基施工可采用集中厂拌法或路拌法。

4.6 复合稳定黄土施工温度不低于 5℃，雨天不应施工。

5 施工技术

5.1 材料准备

5.1.1 黄土

5.1.1.1 应符合 GB/T 50145 的规定，土中有机质含量不宜大于 5%。

5.1.1.2 检测方法应符合 JTG 3430 的规定。

5.1.2 胶结料

5.1.2.1 水泥

宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥初凝时间应大于3h，终凝时间应在6h 以上且小于10h，其他指标应符合JTG/T F20的规定。

5.1.2.2 石灰

应采用消石灰或生石灰粉，并应符合JTG/T F20的规定。

5.1.2.3 粉煤灰

应符合JTG/T F20的规定。

5.1.3 土壤固化剂

5.1.3.1 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 CJ/T 486 的规定。

5.1.3.2 粉体土壤固化剂包括水泥基固化剂、石灰基固化剂，其匀质性及稳定性指标应符合 CJ/T 486 的规定。

5.1.3.3 土壤固化外加剂浸出液中镉、砷、汞、铅、铬、镍、铜、锌重金属含量最大限值应符合 GB/T25499 的规定。

5.1.3.4 土壤固化剂稳定土技术要求见表 1。

表 1 土壤固化剂稳定土技术要求

项目	技术要求
凝结时间影响系数比/%	≥100
无侧限抗压强度比/%	≥120
水稳系数比/%	≥105
注：试验方法应符合CJ/T 486的规定。	

5.1.4 水

拌和用水应符合JTG/T F20的规定。

5.2 技术指标

5.2.1 复合稳定黄土路基应分层铺筑，碾压密实，路基压实度技术要求见表 2。

表 2 路基压实度技术要求

项目 分类	填筑部位		路面底面 以下深度 (m)	压实度 (%)		
				高速公路、一 级公路	二级公路	三、四 级公路
填方路基	上路床		0~0.3	≥96	≥95	≥94
	下路床	轻、中及中交通	0.3~0.8	≥96	≥95	≥94
		特重、极重交通	0.3~1.2			
	上路堤	轻、中及中交通	0.8~1.5	≥94	≥94	≥93
		特重、极重交通	1.2~1.9			
	下路堤	轻、中及中交通	>1.5	≥93	≥92	≥90
		特重、极重交通	>1.9			

5.2.2 复合稳定黄土路基应以路床顶面回弹模量为设计指标，以路床顶面竖向压应变为验算指标。在平衡湿度状态下，路床顶面回弹模量应满足 JTG D40 和 JTG D50 的规定。

5.2.3 复合稳定黄土路基回弹模量中轻交通不小于 40MPa，重交通不小于 50MPa，特重交通不小于 60MPa，极重交通不小于 70MPa。

5.2.4 复合稳定黄土路基最小承载比要求见表 3。

表 3 复合稳定黄土路基最小承载比要求

项目 分类	填筑部位	复合稳定黄土最小强度 CBR 值 (%)		
		高速公路、 一级公路	二级 公路	三、四 级公路
填方路基	上路床	8	6	5
	下路床	5	4	3
	上路堤	4	3	3
	下路堤	3	2	2

5.3 配合比

5.3.1 复合稳定黄土配合比设计时，复合稳定黄土混合料配合比宜采用质量比。无机结合料掺量和土壤固化剂掺量宜采用质量的百分率表示。

5.3.2 塑性指数小于 10 的黄土，宜选用固化剂+水泥、或固化剂+水泥+粉煤灰；塑性指数大于 10 的黄土，宜选用固化剂+石灰、固化剂+石灰+粉煤灰。

5.3.3 复合稳定黄土混合料中胶结料比例范围，见表 4。

表 4 复合稳定黄土胶结料配制比例推荐范围表

类型	胶结料（%）		
	水泥	石灰	粉煤灰
水泥	2~4	-	-
石灰	-	2~4	-
水泥-粉煤灰	1~3	-	2~6
石灰-粉煤灰	-	1~3	2~6

5.3.4 采用液体土壤固化剂时，土壤固化剂掺量宜选用建议用量增加和减少 5 %、10%的 5 个对比用量确定最佳剂量。

5.3.5 采用粉体土壤固化剂时，土壤固化剂宜选取建议用量增加和减少 0.5%、1 %的 5 个对比用量确定最佳剂量。

5.4 施工工艺

5.4.1 施工准备

5.4.1.1 施工前应对土样进行检验，对复合稳定黄土进行配合比试验，出具试验报告。依据试验确认的土料和胶结料进行备料。

5.4.1.2 施工前应先铺筑试验路段，试验路段长度应不低于 200 m。

5.4.2 路拌法施工

5.4.2.1 复合稳定黄土层铺路拌法施工工艺流程见附录 A。

5.4.2.2 填料铺筑前，应对下承层的压实度、平整度和横坡度等质量指标进行检查，达到标准后方可铺筑。

5.4.2.3 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，松铺厚度和松铺系数应根据试验路段确定。

5.4.2.4 摊铺土料时，应按计算的土量摊铺土层，应采用人工或机械进行平整，并应达到预定松铺厚度和宽度。

5.4.2.5 采用液体土壤固化剂时，应符合以下规定：

- a) 根据待铺复合稳定黄土层的长度、宽度、厚度、复合稳定黄土预定干密度、实测基土含水率，然后以该用水量作为稀释水，根据配合比，将液体土壤固化剂浓缩液配置成土壤固化剂水溶液后备用。在气温高于 30℃ 情况下，宜使复合稳定黄土达到略大于最佳含水率 2%~3%所需增加的用水量；
- b) 初拌时，土料与胶结料宜采用高效路拌机由低到高、由两侧向中心拌和，每次拌和应有重叠和翻透，不得漏拌，拌和后混合料的颜色应一致，初拌次数宜为 2 遍，拌和后如有未拌和均匀情况时应增加拌和次数；
- c) 将土壤固化外加剂和拌和水混合稀释，用喷洒机具将其中 50%喷洒在干拌混合料上，进行拌和，用拌和机械拌和 1 遍~2 遍，再喷洒其余 50%固化剂稀释液，喷洒应均匀、不遗漏，应用拌和机械再拌和 1 遍~2 遍。

5.4.2.6 摊铺袋装水泥、石灰、粉煤灰或粉体土壤固化剂时，应符合以下规定：

- a) 根据待铺复合稳定黄土层的宽度、厚度和预定的干密度及粉状土壤固化剂的用量，计算每包粉状土壤固化剂的摊铺面积、摆放行数与间距；
- b) 应按每袋胶结料能够拌和的土层面积划出方格，在方格内摊铺，均匀铺满，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；
- c) 初拌应符合 5.4.2.6 b) 的相关规定；
- d) 补水应均匀、不遗漏，中途不得停车。

5.4.2.7 机械组合以及碾压遍数根据试验路段确定，直线段应由两侧路边缘向路中心进行碾压，曲线超高段应由内侧路肩向外侧路边缘进行碾压，碾压时应重叠 1/3 轮宽，后轮应超过两段的接缝处。碾压过程中应符合下列规定：

- a) 压路机的碾压速度，第一遍和第二遍的碾压速度应为 1.5km/h~1.7km/h，以后碾压速度应为 2.0km/h~2.5km/h；
- b) 施工的横接缝处应搭接拌和，搭接部位应留出 8m~10m 不进行碾压，后一段施工时，在前一段未碾压部分应添加胶结料、外加剂重新拌和，并应与后一段施工段同时碾压；
- c) 施工时，每层复合稳定黄土碾压完成后，应养护不少于 7d。经检验合格后方可进行下道工序施工。

5.4.2.8 道路边缘和拐角处的复合稳定黄土摊铺和碾压，可以人工辅助摊铺并采用小型碾压机械及时补压。

5.4.2.9 复合稳定黄土路基养生应符合以下规定：

- a) 碾压完成后，应立即进行养生；
- b) 养生期间应保持一定的湿度，应采用塑料薄膜覆盖养生，覆盖塑料薄膜前先洒水湿润；可裸露洒水养生，每次洒水量以表面湿润为准，洒水间隔时间白天 2h~4h 一次，夜间 3h~6h 一次。养生期一般不少于 7d；
- c) 秋冬季气温达到 10℃ 以下时，复合稳定土路基应少量或停止洒水养生；对没达到养生期的，应采用塑料薄膜其上加素土（厚度 150mm 以上）覆盖，并注意维护，至次年气温达到 10℃ 以上时方可清除；
- d) 养生期内应封闭交通，控制车辆通行；
- e) 应养护 7d 经检测合格后，方可进行下一工序的施工。

5.4.3 厂拌法

5.4.3.1 厂拌法施工工艺流程见附录 B。

5.4.3.2 场地准备、施工放样应符合 5.4.2.2 和 5.4.2.3 的相关规定。

5.4.3.3 拌和应符合下列规定：

- a) 可采用强制式搅拌机拌和均匀；
- b) 拌和应按复合稳定土混合料配合比设计确定的材料规格及配比进行；
- c) 复合稳定黄土混合料含水率比最佳含水率高 1%~2%。

5.4.3.4 运输应符合下列规定：

- a) 采用自卸式运输车；
- b) 根据工程量的大小和运距配备运输车；
- c) 装料前，应清理车厢，装料后，采用篷布将厢体覆盖严密。

5.4.3.5 摊铺应符合下列规定：

- a) 混合料的松铺厚度应由试验路实测确定；
- b) 摊铺机应具有可调厚度、找平装置、可调宽度和初步压实功能；

- c) 分幅铺筑或分层铺筑时，均宜(与引导语“应”矛盾)一次成型。分幅摊铺时，两台摊铺机平行作业，所铺宽度基本相当，重叠宽度 200 mm～250 mm；相距 5 m～20 m 同步向前铺进，两幅同步碾压。分两层铺筑时，下层铺筑碾压密实，经初检合格后，应立即刮毛铺筑上层；如下层表面干燥，应洒水湿润后再铺筑；
- d) 使用平地机进行摊铺时，铺前应根据铺筑层的松铺厚度和要求达到的压实度，计算出每车混合料的可摊铺面积，料堆按照标线卸料；摊铺推运宽度 6 m～7 m，长度大于 10 m。

5.4.3.6 碾压应符合 5.4.2.7 的规定。养生应符合 5.4.2.9 的规定。

6 质量检验与验收

6.1 复合稳定黄土开工前及施工过程中，原料质量检验应符合下列规定：

- a) 土料应符合 5.1.1 的规定，每种土源或每 5000 m³应为一批次，每批次应抽样 1 组，按 5.1 进行土性检测，固化试验应符合技术要求；
- b) 胶结料应符合 5.1.2 的规定，同一厂家、同一品种、同一批号连续进场的胶结料，应按袋装不超过 200 t 为一个检验批，散装不超过 500 t 为一个检验批，每批应检查产品合格证、出场检验报告，每个进场批次应抽查一次复验报告和固化试验报告；
- c) 土壤固化外加剂应符合 5.1.3 的规定，其中液体土壤固化剂每 5 t 应为一个进场批次，粉体土壤固化剂，应按袋装不超过 100 t 为一个检验批次，散装不超过 300 t 为一个检验批次，每批应检查产品合格证、出厂检验报告和适应性试验报告。

6.2 复合稳定黄土混合料检验要求见表 5。

表 5 复合稳定黄土混合料检验要求

项目	频度	质量要求	试验方法
均匀性	随时观察	粉体土壤固化剂复合稳定黄土整体颜色均匀，无团块； 液体土壤固化剂复合稳定黄土干湿一致，无团块。	目测
含水率	每2000m ² 检查1次	最佳含水率-1%~+1%	JTG E51(T 0801)
水泥、石灰剂量	每2000m ² 检查1次	设计剂量0~+0.5%	JTG E51(T 0809)

6.3 施工过程质量控制检验要求见表 6。

表 6 施工过程质量控制检验要求

项目	频度	质量要求	试验方法
压实度	每2000m ² 检查1次	符合表3规定	JTG E51(T 0921)

6.4 路基质量验收要求见表 7，并应按照 JTG F80/1 的规定执行。

表 7 路基质量验收要求

项次	检查项目			规定值或允许偏差			检查方法和频率
				高速公路 一级公路	其他公路		
					二级公路	三、四级公路	
1	压实度 (%)	填方 (m)	0~0.80	≥96	≥95	≥94	按JTG F80/1附录B检查 密度法: 每200m每压实层测4处
			0.80~1.50	≥94	≥94	≥93	
			>1.50	≥93	≥92	≥90	
2	弯沉值(0.01mm)			不大于设计要求值			按JTG F80/1附录I检查
3	纵断高程(mm)			+10, -15	+10, -20		水准仪:每200m测4断面
4	中线偏位(mm)			50	100		经纬仪:每200m测4点, 弯道加HY、YH两点
5	宽度(mm)			不小于设计			米尺:每200m测4处
6	平整度(mm)			≤15	≤20		3m直尺:每200m测2处×10尺
7	横坡(%)			±0.3	±0.5		水准仪:每200m测4个断面
8	边坡			不陡于设计值			尺量:每200m测4处
9	厚度 (mm)			±10			尺量:每200m测1处

附 录 A
(资料性)
路拌法施工工艺流程图

A.1 路拌法施工工艺流程见图A.1。

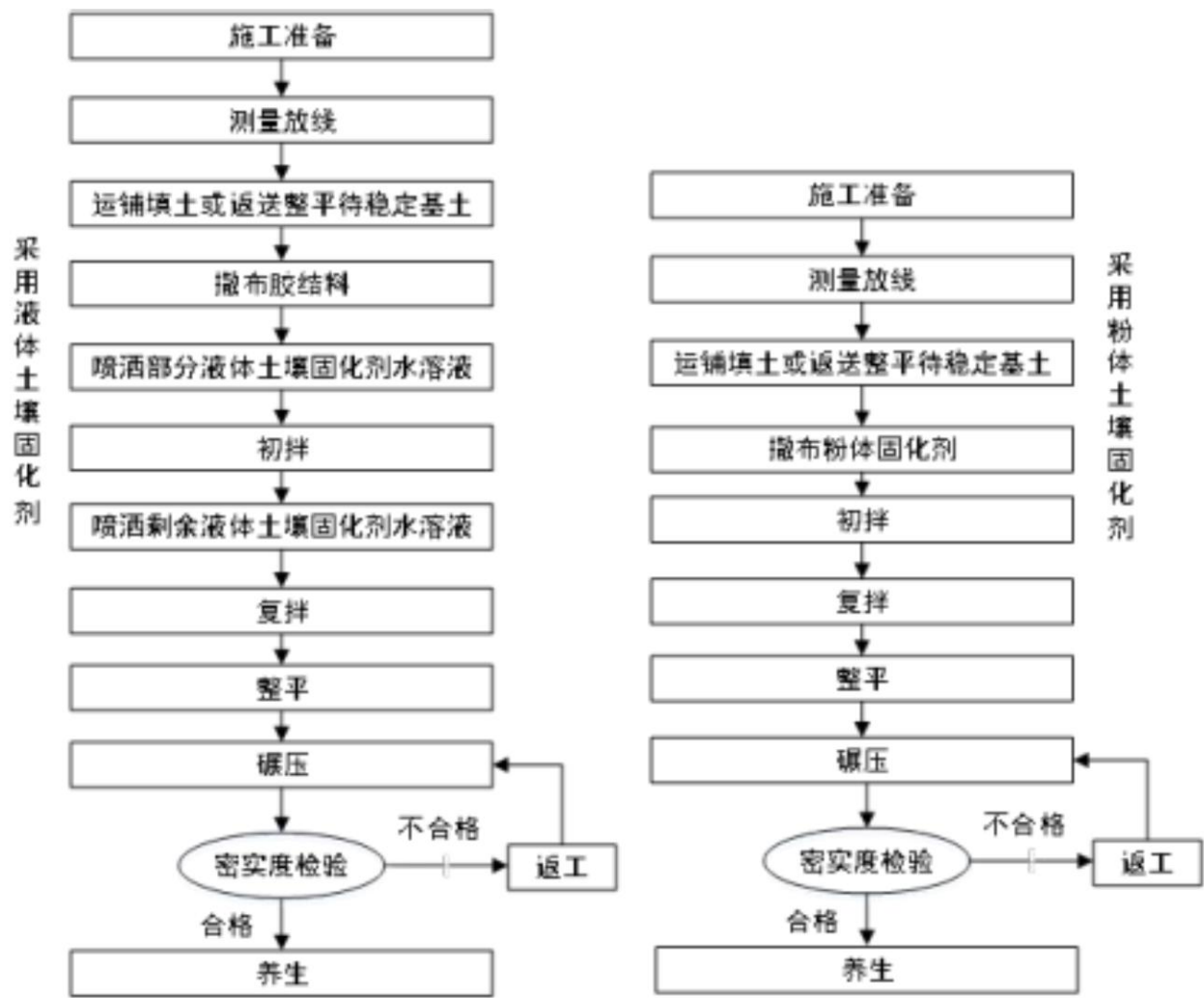


图 A.1 路拌法施工工艺流程图

附录 B
(资料性)
厂拌法施工工艺流程图

B.1 厂拌法施工工艺流程见图B.1。

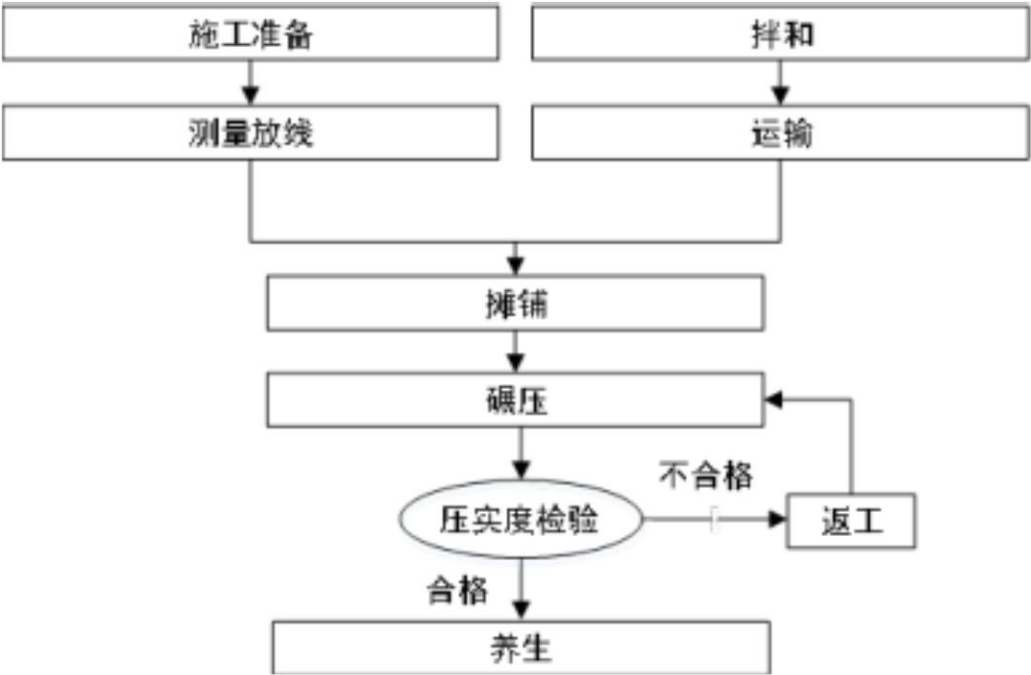


图 B.1 厂拌法施工工艺流程图

参 考 文 献

- [1] JTG F30 公路水泥混凝土路面施工技术规范
 - [2] JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
 - [3] CJJ/T 286 土壤固化剂应用技术标准
 - [4] JTG/E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
-