

煤基工业固废改良公路黄土路床技术规范

Technical specification for improved highway loess roadbed with
coal based industrial solid waste

2024 - 12 - 31 发布

2025 - 03 - 31 实施

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原材料 2

5 设计 4

6 施工 5

7 质量管理和验收 6

附录 A（规范性） 容许延迟时间测定试验..... 8

附录 B（规范性） 水稳定系数试验..... 10

附录 C（规范性） 煤基工业固废改良材料剂量试验..... 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。

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。

本文件由甘肃省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由甘肃省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：甘肃路桥建设集团有限公司、兰州大学、甘肃公路交通建设集团有限公司、中国科学院兰州化学物理研究所、窑街煤电集团有限公司。

本文件主要起草人：魏永锋、窦晖、王娟霞、曹贵、王爱勤、张伟、张兴军、张强强、牟斌、卢晓华。

本文件由甘肃路桥建设集团有限公司负责解释。

引 言

甘肃省煤基工业固废资源存量、分布广，且具有潜在的胶凝活性。现有研究和工程应用表明，煤基工业固废活性激发后可应用于改善黄土性能，从而提升黄土路床承载能力，将其应用于黄土路床改良能够实现煤基工业固废的规模化、资源化利用。为进一步规范甘肃省煤基工业固废改良黄土路床的原材料、设计、施工、质量管理及验收的技术要求，基于既有成果和工程实践编制了《煤基工业固废改良公路黄土路床技术规范》。

本文件是遵循现行《公路路基施工技术规范》（JTG/T 3610）、《黄土地区高速公路路基设计规范》（DB62/T 2991）和《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》（JTG F80/1）等规范要求，吸收甘肃省煤基工业固废改良公路黄土路床有关科技成果和应用实践经验，广泛征求相关单位和专家意见和建议编制而成。

煤基工业固废改良公路黄土路床技术规范

1 范围

本文件规定了煤基工业固废改良黄土路床的原材料、设计、施工、质量管理及验收的要求。
本文件适用于各等级公路新建或改（扩）建工程的黄土路床改良。

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 176 水泥化学分析方法
- GB/T 1345 水泥细度检验方法 筛析法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB/T 50145 土的工程分类标准
- JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
- JTG 3450 公路路基路面现场测试规程
- JTG/T 3610 公路路基施工技术规范
- JTG D30 公路路基设计规范
- 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 第一册 土建工程
- DB62/T 2991 黄土地区高速公路路基设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤基工业固废 coal based industrial solid waste
利用煤的过程中产生的固体废弃物。

3.2

激发剂 activator
用于激发煤基工业固废胶凝活性的外加材料。

3.3

煤基工业固废改良材料 improvement materials with coal based industrial solid waste
以煤基工业固废为基材，添加激发剂复合而成的具有胶凝活性的合成材料。

3.4

改良黄土 improved loess

掺煤基工业固废改良材料的黄土。

3.5

容许延迟时间 permitted delay time

在保证无侧限抗压强度的前提下，改良黄土拌和至碾压成型前所容许的最长时间。

4 原材料

4.1 一般规定

用于公路路床填筑的黄土应符合GB/T 50145和DB62/T 2991的相关规定。

4.2 煤基工业固废

4.2.1 宜选用炉渣、油页岩半焦等经高温工艺处置过的煤基工业固废。

4.2.2 不同类型的煤基工业固废应单独堆存，使用前应选用机械搅拌、翻拌等方法按批次，分类进行均化处理。

4.2.3 煤基工业固废使用前应进行浸出毒性检测，浸出液中危害组分含量应符合表 1 的规定。

表1 煤基工业固废中浸出危害组分含量要求

危害成分项目	指标要求（mg/L）	试验方法
铜（以总铜计）	≤100.0	GB 5085.3
锌（以总锌计）	≤100.0	
镉（以总镉计）	≤1.0	
铅（以总铅计）	≤5.0	
总铬	≤15.0	
铬（六价）	≤5.0	
汞（以总汞计）	≤0.1	
铍（以总铍计）	≤0.02	
钡（以总钡计）	≤100.0	
镍（以总镍计）	≤5.0	
总银	≤5.0	
砷（以总砷计）	≤5.0	
硒（以总硒计）	≤1.0	
无机氟化物（不包括氟化钙）	≤100.0	
氰化物（以 CN 计）	≤5.0	

4.2.4 煤基工业固废应研磨加工后使用，技术要求应符合表 2 规定。

表2 煤基工业固废的技术要求

试验项目		指标要求（%）	试验方法
细度（80 μm 方孔筛筛余）		≤10.0	GB/T 1345
烧失量		≤8.0	GB/T 176
三氧化硫（SO ₃ ）含量		≤3.5	GB/T 176
含水率		≤1.0	GB/T 176
氧化硅（SiO ₂ ）、氧化铝（Al ₂ O ₃ ）、氧化铁（Fe ₂ O ₃ ）总质量分数		≥70	GB/T 176
氧化硅（SiO ₂ ）		≥50	GB/T 176
氧化铝（Al ₂ O ₃ ）		≥18	GB/T 176
活性指数	3 d	≥65	GB/T 1596
	28 d	≥75	

4.3 激发剂

- 4.3.1 激发剂宜采用水泥或水泥熟料、消石灰、石膏等材料复合配制。
- 4.3.2 激发剂中水泥或水泥熟料掺加量按质量百分比计宜为 35%，消石灰掺加量按质量百分比计宜为 60%，石膏掺加量按质量百分比计宜为 5%，具体比例应在室内试配确定。

4.4 煤基工业固废改良材料

- 4.4.1 煤基工业固废改良材料应由一种煤基工业固废和激发剂复配而成。煤基工业固废改良材料中激发剂掺加量按质量百分比计不应大于 30%，具体应在室内试配结合表 3 技术要求确定。
- 4.4.2 煤基工业固废改良材料应按表 3 规定进行分级。

表3 煤基工业固废改良材料分级要求

项目	单位	等级			试验方法
		I 级	II 级	III 级	
细度（80 μm 方孔筛筛余）	%	≤6.0	≤8.0	≤10.0	GB/T 1345
7 d 无侧限抗压强度	MPa	≥1.5	≥1.0	≥0.5	JTG 3441
28 d 无侧限抗压强度	MPa	≥2.0	≥1.5	≥1.0	JTG 3441
容许延迟时间	h	≥8.0	≥8.0	≥8.0	附录 A
7 d 水稳定系数	%	≥50	≥50	≥50	附录 B
28 d 水稳定系数	%	≥70	≥65	≥60	附录 B
注1：80 μm方孔筛筛余指煤基工业固废改良材料技术指标。 注2：其余项目均为改良黄土技术指标，其中煤基工业固废改良材料掺量为黄土干质量的10%。改良黄土试件压实度为96%。					

- 4.4.3 煤基工业固废改良材料宜采用工厂化加工生产，采用粉体密封罐运输存储。
- 4.4.4 运输存储时不应受潮和混入杂物，不同等级的煤基工业固废改良材料应分别运输和存储。
- 4.4.5 存储时间不宜超过 6 个月，超过 6 个月的应按表 3 重新进行检测分级。

4.5 水

- 4.5.1 符合 GB 5749 规定的饮用水可直接用于改良黄土的拌合与养生。
- 4.5.2 非饮用水用于改良黄土的拌合与养生时，应提前进行水质检验，其性能应符合 JTG/T F20 的规定。

5 设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 改良黄土路床结构设计应按照 JTG D30 有关规定执行。
- 5.1.2 改良黄土组成设计应包括原材料检验和配合比设计。
- 5.1.3 在施工过程中，材料品质或规格发生变化时，应重新进行配合比设计。

5.2 配合比设计

- 5.2.1 改良黄土用煤基工业固废改良材料的等级与推荐掺量，应符合表 4 的规定。

表4 煤基工业固废改良材料与推荐掺量

项目	单位	公路等级		
		高速、一级公路	二级公路	三、四级公路
材料等级	—	Ⅱ 级及以上	Ⅱ 级及以上	Ⅲ 级及以上
推荐掺量	%	4~6		3~5

- 5.2.2 改良黄土技术要求应符合表 5 规定。

表5 改良黄土技术要求

项目	单位	公路等级			试验方法
		高速、一级公路	二级公路	三、四级公路	
压实度	%	96	95	94	JTG 3450
7 d 无侧限抗压强度	MPa	≥0.5	≥0.5	≥0.5	JTG 3441
28 d 无侧限抗压强度	MPa	≥0.8	≥0.6	≥0.5	JTG 3441
容许延迟时间	h	≥8.0	≥8.0	≥8.0	附录 A
7 d 水稳定系数	%	≥50	≥50	≥50	附录 B
28 d 水稳定系数	%	≥60	≥55	≥50	附录 B

- 5.2.3 改良黄土配合比设计应按以下步骤进行：
- a) 测定黄土的天然含水率；
- b) 依据设计要求和公路等级，选择煤基工业固废改良材料的等级和初步掺量；
- c) 依据初步掺量，按±1.0%、±2.0%确定 5 组不同的试配掺量；
- d) 进行击实试验，确定不同试配掺量改良黄土的最大干密度和最佳含水率，击实试验应遵守 JTG 3441 的规定；

- e) 进行强度试验,测试不同试配掺量改良黄土的无侧限抗压强度以及水稳定系数,测试应遵守 JTG 3441 及附录 B 的规定;
 - f) 根据测试结果确定最佳改良黄土配合比。
- 5.2.4 当试配掺量改良黄土的性能不满足要求时,应调整煤基工业固废改良材料等级或掺量,重新进行配合比设计。

6 施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 改良黄土路床应在容许延迟时间内完成施工。
- 6.1.2 施工最低气温不应低于 5℃。
- 6.1.3 雨季施工应做好防排水工作,严禁雨天施工。
- 6.1.4 施工前应铺筑长度不小于 200 m 的试验路,确定改良黄土路床的施工工艺及参数。
- 6.1.5 改良黄土路床施工宜采用路拌法施工,现场无法拌合时可选用厂拌法施工。
- 6.1.6 黄土应充分破碎,并检测天然含水率。当天然含水率超过试验确定的最佳含水率 2% 以上时应翻拌晾晒,使其接近最佳含水率;含水率低于最佳含水率时,应洒水使其高于最佳含水率 1%~2%。

6.2 路拌法施工

- 6.2.1 布料应符合下列规定:
 - 摊铺黄土使其达到预设厚度和宽度;
 - 采用粉料撒布车撒布煤基工业固废改良材料时,应均匀、不留白;
 - 施工过程中应及时根据撒布总量和撒布总面积核算实际撒布量,并做好记录。
- 6.2.2 拌合应符合下列规定:
 - 应采用就地冷再生机等设备进行拌合;
 - 布料完成后应尽快完成拌和;
 - 拌和作业宜深入下层 20 mm~40 mm,层底不应留有未拌和的素土夹层;
 - 每幅拌和宽度应重叠 300 mm~500 mm,边缘不应留有素土或未拌和的空白区。
- 6.2.3 整平应符合下列规定:
 - 整平宜采用平地机。机械整平困难的边角部位,可采用人工整平,其技术要求应符合 JTG/T 3610 的规定;
 - 整平过程中及时检查铺筑厚度。
- 6.2.4 碾压应符合下列规定:
 - 整平完成后按试验段确定的工艺及时进行碾压,碾压完成时间不应超过容许延迟时间;
 - 碾压应按初压、复压、精平、终压的工序进行,初压宜采用凸块压路机,复压宜采用钢轮压路机,精平宜采用平地机,终压宜采用钢轮压路机;
 - 碾压过程中出现弹簧、松散、起皮等现象,应及时翻挖处理;
 - 施工机械不应在已成型的作业面上紧急刹车或掉头。

6.3 厂拌法施工

- 6.3.1 拌合应符合下列规定:
 - 黄土应在工厂拌和前充分破碎,宜采用连续强制式搅拌机按照设计的配合比进行拌和;
 - 拌和前应对厂拌设备进行检查并标定,煤基工业固废改良材料应采用粉罐储存;

——拌和时应严格控制改良黄土配合比，含水率宜大于最佳含水率 1%～2%。

6.3.2 改良黄土运输过程中应采取封闭措施，运输时间不宜超过 2 h。

6.3.3 摊铺宜采用平地机或推土机。

6.3.4 整平、碾压应符合 6.2.3、6.2.4 的规定。

6.4 养生

6.4.1 改良黄土路床成型后应及时进行养生，养生期不应少于 7 d。

6.4.2 养生可采取洒水、薄膜覆盖、土工布覆盖等方式。

6.4.3 养生期间应封闭交通，除洒水车外不应有其他车辆通行。

7 质量管理和验收

7.1 一般规定

7.1.1 改良黄土路床施工质量控制应符合 JTG/T 3610、JTG F80/1 和 DB62/T 2991 的规定。

7.1.2 改良黄土路床质量验收与评定应符合 JTG F80/1 的规定。

7.2 质量管理

7.2.1 煤基工业固废改良材料应按批次进行检验，同一生产厂家、同一等级的煤基工业固废改良材料散装 500 t 为一批次，质量检测应符合表 6 的规定。

表6 煤基工业固废改良材料进场质量检测要求

项次	检查项目	检测频度		试验方法
1	细度（80 μm 方孔筛筛余）	10 次/批		GB/T 1345
2	无侧限抗压强度	7 d	2 次/批	JTG 3441
		28 d	1 次/批	
3	容许延迟时间	1 次/批		附录 A
4	水稳定系数	7 d	2 次/批	附录 B
		28 d	1 次/批	
注：无侧限抗压强度、容许延迟时间、水稳定系数应符合表3规定。				

7.2.2 现场应随时目测改良黄土的拌合均匀性，确保色泽统一、无灰条。改良黄土质量检测应符合表 7 的要求。

表7 改良黄土质量检测要求

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测频率	试验方法及频率
1	煤基工业固废改良材料	不小于设计值	每工作班不少于 1 次	附录 C
2	压实度	不小于设计值	每 2000 m ² 不少于 1 点	JTG 3450
3	7 d 无侧限抗压强度	不小于设计值	每工作班 1 次	JTG 3441
注：路线几何尺寸检测按验收要求执行。				

7.3 验收

改良黄土路床检验验收时，检查项目、频度和质量检验标准应符合表8的规定。

表8 改良黄土路床质量检验标准

检测项目	规定值或允许偏差			检测方法和频率
	高速、一级公路	二级公路	三、四级公路	
压实度（%）	≥96	≥95	≥94	灌砂法：每 2000 m ² 或每班抽检不少于 2 点
弯沉值（0.01 mm）	满足设计要求			落锤式弯沉仪：每双车道、每 1 km 测 40 点
7 d 无侧限抗压强度	满足设计要求			根据施工取样制备的试件强度评定，每工作台班 1 次
中线偏位（mm）	50	100	100	全站仪：每 200 m 测 2 点，弯道加 HY、YH 两点
纵断高程（mm）	+10~-15	+10~-20		水准仪：中线位置每 20 m 测 1 点
横坡（%）	±0.3	±0.5		水准仪：每 100 m 测 3 处
平整度（mm）	≤15	≤20		3 m 直尺：每 200 m 测 2 处，每处连续 10 尺
宽度	满足设计要求			尺量：每 40 m 测 1 处
边坡	满足设计要求			尺量：每 200 m 测 2 点
注：压实度、弯沉值和无侧限抗压强度为关键项目，合格率应不低于95%。其余指标为一般项目，合格率应不低于80%。路床顶面弯沉值检测应在养生7 d时进行。				

附 录 A
(规范性)
容许延迟时间测定试验

A.1 范围

本办法适用于测定煤基工业固废改良材料的容许延迟时间。

A.2 试验目的

检测改良黄土从拌合后至碾压结束前所允许的最长时间。

A.3 试验仪器

试验仪器应包括：

- 电子天平：量程不小于 15 kg，感量 0.1 g；量程不小于 4000 g，感量 0.01 g；
- 改良黄土的搅拌宜采用行星式水泥胶砂搅拌机；
- 其它所用仪器、压力机、养护箱等设备应符合 JTG 3441 的规定。

A.4 试件制备

A.4.1 试件的直径×高=φ 50 mm×50 mm。

A.4.2 按照JTG 3441的方法成型试件。

A.5 试验步骤

A.5.1 确定煤基工业固废改良材料掺量为10%的改良黄土最大干密度和最佳含水率。

A.5.2 将黄土和煤基工业固废改良材料投入拌锅中，低速搅拌30 s，再一次性加入所有拌合用水，立即低速搅拌60 s，停拌15 s，同时将粘附于叶片和锅壁上的物料刮入锅中间，接着高速搅拌45 s。

A.5.3 将新拌合完成的改良黄土装入自封塑料袋密封放置0 h、4 h、8 h、10 h后成型的无侧限抗压试件，每组6个试件。

A.5.4 养生方法应按JTG 3441的执行。

A.5.5 分别测定上述各组试件7 d无侧限抗压强度，试验方法应按JTG 3441的规定执行。

A.6 计算

A.6.1 无侧限抗压强度计算和结果整理应按JTG 3441的规定执行。

A.6.2 按公式 (A.1) 计算7 d无侧限抗压强度比，试验结果精确至1%。

$$r_s = \frac{R_s}{R_0} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- r_s ——拌合后放置 s 小时成型改良黄土试件的无侧限抗压强度比；
- R_s ——拌合后放置 s 小时成型改良黄土试件的无侧限抗压强度平均值，单位为兆帕（MPa）；
- R_0 ——拌合后放置0小时成型改良黄土试件的无侧限抗压强度平均值，单位为兆帕（MPa）。

A. 6.3 绘制无侧限抗压强度比与时间的关系曲线，无侧限抗压强度比等于95%的成型时间记为煤基工业固废改良材料的容许延迟时间。如全部试件的无侧限抗压强度比均大于95%，则将煤基工业固废改良材料的容许延迟时间记为大于10 h。

A. 7 结果整理

A. 7.1 无侧限抗压强度应保留至小数点后2位。

A. 7.2 同一组试验的变异系数CV（%）应 $\leq 6\%$ 。

附 录 B
(规范性)
水稳定系数试验

B.1 范围

本办法适用于测定煤基工业固废改良材料或改良黄土的水稳定系数。

B.2 试验目的

检测改良黄土在潮湿或水饱和条件下的稳定性。

B.3 试验仪器及试件制备

水稳定系数用试验仪器及试件制备步骤应符合附录A.3、附录A.4的规定。

B.4 试验步骤

B.4.1 对于同一配比的改良黄土制备4组无侧限抗压强度试件，每组6个。

B.4.2 4组试件均采用标准环境箱（温度 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于90%）养生，其中2组试件在养生龄期最后一天浸于 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的水中养护24 h，另外2组试件持续在标准环境箱养生，养生龄期最后一天无需浸水。

B.4.3 分别测定两种养生条件下试件的7 d和28 d无侧限抗压强度，试验方法应按JTG 3441的规定执行。

B.5 计算

B.5.1 无侧限抗压强度计算和结果分析应按JTG 3441的规定执行。

B.5.2 改良黄土的水稳定系数应按公式（B.1）计算，精确至1%。

$$r_i = \frac{R_i}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中：

r_i ——水稳定系数；

R_i ——养生龄期最后一天浸水试件无侧限抗压强度的平均值，单位为兆帕（MPa）；

R ——养生龄期最后一天未浸水试件无侧限抗压强度的平均值，单位为兆帕（MPa）。

B.6 结果整理

B.6.1 无侧限抗压强度应保留至小数点后2位。

B.6.2 同一组试验的变异系数CV（%）应 $\leq 6\%$ 。

附 录 C

(规范性)

煤基工业固废改良材料剂量试验

C.1 范围

本办法适用于快速测定煤基工业固废改良材料的剂量，并可用于查验现场摊铺和拌和的均匀性。

C.2 试验目的

检测改良黄土中煤基工业固废改良材料的剂量。

C.3 试验材料

试验材料应包括：

- 0.1 mol/mL 乙二胺四乙酸二钠（EDTA 二钠）标准溶液（简称 EDTA 二钠标准溶液）：准确称取 EDTA 二钠（分析纯）37.23 g，用 40℃~50℃ 的无二氧化碳蒸馏水溶解，待全部溶解并冷却至室温后，定容至 1000 mL；
- 10%氯化铵（ NH_4Cl ）溶液：将 500 g 氯化铵（分析纯或化学纯）放在 10 L 的聚乙烯桶内，加蒸馏水 4500 mL，充分振荡，使氯化铵完全溶解。也可以分批在 1000 mL 的烧杯内配制，然后倒入塑料桶内摇匀；
- 1.8%氢氧化钠（内含三乙醇胺）溶液：用电子天平称 18 g 氢氧化钠（NaOH）（分析纯），放入洁净干燥的 1000 mL 烧杯中，加 1000 mL 蒸馏水使其全部溶解，待溶液冷却至室温后，加入 2 mL 三乙醇胺（分析纯），均匀搅拌后储于塑料桶中；
- 钙红指示剂：将 0.2 g 钙试剂羧酸钠（分子式 $\text{C}_{21}\text{H}_{13}\text{N}_2\text{NaO}_7\text{S}$ ，分子量 460.39）与 20 g 预先在 105℃ 烘箱中烘 1 h 的硫酸钾混合。一起放入研钵中，研成极细粉末，储于棕色广口瓶中，以防吸潮；
- 所用黄土、煤基工业固废改良材料、拌合用水应与待测改良黄土的一致。

C.4 试验仪器

试验仪器应包括：

- 滴定管（酸式）：50 mL，1 支；
- 滴定台：1 个；
- 滴定管夹：1 个；
- 大肚移液管：10 mL、50 mL，10 支；
- 锥形瓶（即三角瓶）：200 mL，20 个；
- 烧杯：2000 mL（或 1000 mL），1 只；300 mL，10 只；
- 容量瓶：1000 mL，1 个；
- 搪瓷杯：容量大于 1200 mL，10 只；
- 不锈钢棒（或粗玻璃棒）：10 根；
- 量筒：100 mL 和 5 mL，各 1 只；50 mL，2 只；
- 棕色广口瓶：60 mL，1 只（装钙红指示剂）；
- 电子天平：量程不小于 1500 g，感量 0.01 g；
- 秒表：1 只；

- 表面皿：直径 9 cm，10 个；
- 研钵：直径 12 cm~13 cm，1 个；
- 洗耳球：1 个；
- 精密试纸：pH 12~14；
- 聚乙烯桶：20 L（装蒸馏水和氯化铵及 EDTA 二钠标准溶液），3 个；5 L（装氢氧化钠），1 个；5 L（大口桶），10 个；
- 毛刷、去污粉、吸水管、塑料勺、特种铅笔、厘米纸；
- 洗瓶（塑料）：500 mL，1 只。

C.5 准备标准曲线

C.5.1 取改良黄土，用烘干法测其含水率。

C.5.2 拌制6种改良黄土试样，每种两个样品，每个样品取300 g。6种改良黄土的煤基工业固废改良材料剂量分别为：0、最佳剂量-2%、最佳剂量-1%、最佳剂量、最佳剂量+1%、最佳剂量+2%，每种剂量改良黄土取两个（为湿质量）试样，共12个试样，并分别放在12个大口聚乙烯桶内。

C.5.3 取盛有试样的盛样器，在盛样器内加入两倍试样（湿料）质量的10%氯化铵溶液。搅拌 3 min（每分钟搅110次~120次）；放置沉淀10 min，然后将上部清液转移到300 mL烧杯内搅匀，加盖表面皿待测。

C.5.4 用移液管吸取上层（液面上1 cm~2 cm）悬浮液10.0 mL放入200 mL的三角瓶内，用量管量取1.8%氢氧化钠（内含三乙醇胺）溶液50 mL倒入三角瓶中，此时溶液pH值为12.5~13.0（可用pH 12~14精密试纸检验），然后加入钙红指示剂（质量约为0.2 g），摇匀，溶液呈玫瑰红色。记录滴定管中EDTA二钠标准溶液的体积 V_1 （以mL计，读至0.1 mL），然后用EDTA二钠标准溶液滴定，边滴定边摇匀，并仔细观察溶液的颜色；在溶液颜色变为紫色时，放慢滴定速度，并摇匀；直到纯蓝色为终点，记录滴定管中EDTA二钠标准溶液体积 V_2 （以mL计，读至0.1 mL）。计算 $V_1 - V_2$ ，即为EDTA二钠标准溶液的消耗量。

C.5.5 对其他几个盛样器中的试样，用同样的方法进行试验，并记录各自的EDTA二钠标准溶液的消耗量。

C.5.6 以同一剂量的改良黄土EDTA二钠标准溶液消耗量（mL）的平均值为纵坐标，以煤基工业固废改良材料剂量（%）为横坐标绘制标准曲线图。如煤基工业固废改良材料发生改变，必须重做标准曲线。

C.6 试验步骤

C.6.1 选取有代表性的改良黄土约1000 g。

C.6.2 称300 g放在搪瓷杯中，用搅拌棒将结块搅散，加10%氯化铵溶液600 mL。

C.6.3 利用所绘制的标准曲线，根据EDTA二钠标准溶液消耗量，确定改良黄土中煤基工业固废改良材料剂量。

C.7 结果整理

本试验应进行两次平行测定，取算术平均值，精确至0.1 mL。允许重复性误差不应大于均值的5%，否则，重新进行试验。