

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1478—2021

城际铁路路基黄土填料应用技术规范

Technical guide for the application of loess in the subgrade of intercity railway

2021 - 08 - 12 发布

2021 - 09 - 12 实施

陕西省市场监督管理局 发布

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 填料..... 2

5 施工准备..... 3

6 施工..... 4

7 质量检查与验收..... 6

附录 A （规范性） 垂直振动压实仪的技术要求..... 9

附录 B （规范性） 最大干密度和最佳含水率测定方法——垂直振动击实试验方法..... 11

附录 C （规范性） 黄土圆柱体试件制备方法——试件垂直振动成型方法..... 16

附录 D （规范性） 黄土路基填料非浸水 CBR 试验..... 19

附录 E （规范性） 水泥改良黄土施工容许延迟时间确定方法..... 23

附录 F （规范性） 水泥改良黄土水泥剂量检测方法..... 24

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技术委员会归口。

本文件起草单位：长安大学、陕西省铁路集团有限公司、陕西西法（北线）城际铁路有限公司、陕西西韩城际铁路有限公司。

本文件主要起草人：蒋应军、乔怀玉、沙红卫、李宗华、刘海鹏、纪小平、张照龙、岳卫民。

本文件由长安大学负责解释。

本文件首次发布。

联系信息如下：

单位：长安大学

电话：029-62630078

地址：陕西省西安市南二环中段

邮编：710064

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到一种测定公路基层材料最大干密度的实验方法（ZL200910021412.2）与模拟现场碾压效果的公路基层材料圆柱体试件制备方法（ZL200910219065.4）相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判，该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：蒋应军；陈忠达；陈磊；戴经樑；章建龙；

地址：陕西省西安市南二环中段；

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

城际铁路路基黄土填料应用技术规范

1 范围

本文件规定了城际铁路路基黄土填料、施工准备、施工、质量检查与验收。
本文件适用于新建、改建城际铁路黄土路基施工。

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，注明日期的引用文件，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。

- GB175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- TB 10102 铁路工程土工试验规程
- TB 10414 铁路路基工程施工质量验收标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

C组黄土 loess classified as group C filler
液限<40、粗粒含量<30 %的黄土。

3.2

水泥改良黄土容许延迟时间 allowable delay time
水泥改良黄土施工时气温对应的水泥初凝时间。

3.3

垂直振动压实仪 vertical vibro-compression testing equipment
工作时只产生垂直振动力而没有水平力的振动压实仪，简称VVTE。

3.4

垂直振动击实方法 method for reference density and water content using VVTE
指采用VVTE将不同含水率的黄土振动击实，击实后测试不同含水率黄土的密度，并绘制干密度—含水率曲线，确定黄土最大干密度和最佳含水率的试验方法。

3.5

垂直振动成型方法 vertical vibro-compression testing method

在规定条件下，采用VVT将路基填料压实至要求尺寸圆柱体试件的试验方法。简称VVTM。

4 填料

4.1 一般规定

- 4.1.1 黄土运至现场后应抽样检测，检测合格后方可使用。
- 4.1.2 黄土运至拌和站后应搭棚堆放。
- 4.1.3 采用附录 B 垂直振动击实方法确定路基填料的 ρ_{dmax} 作为标准密度。
- 4.1.4 采用附录 C 垂直振动成型方法制备路基填料 CBR、强度等力学性质测试试件。
- 4.1.5 填方路基填料应符合下列规定：
 - a) 基床表层：时速不大于 120 km 的有砟轨道城际铁路可采用水泥改良黄土作填料，无砟轨道城际铁路、其他时速有砟轨道城际铁路不应采用黄土或改良黄土作填料。
 - b) 基床底层：可采用水泥改良黄土作填料；在有可靠资料和工程经验的情况下，采取加固或封闭措施，时速不大于 120 km 的有砟轨道城际铁路基床底层可采用 C 组黄土作填料。
 - c) 基床以下路堤：无砟轨道城际铁路、时速 200 km 以上的有砟轨道城际铁路可采用水泥改良黄土作填料，其他铁路可采用 C 组黄土作填料。

4.2 C 组黄土

- 4.2.1 C 组黄土分类应符合表 1 的规定。

表 1 C 组黄土分类

类型	塑性指数 I_p	液限 w_L (%)	粗粒含量 (%)
砂质黄土	≤ 10	< 40	< 30
黏质黄土	> 10	< 40	< 30

- 4.2.2 有砟轨道用 C 组黄土的压实系数及 CBR 值要求应符合表 2 的规定。

表 2 有砟轨道用 C 组黄土压实系数及 CBR 值要求

设计时速 (km/h)		200	160	120	试验方法
基床底层	压实系数 K	—	—	≥ 0.93	最大干密度采用附录 B 方法确定
	非浸水 CBR (%)	—	—	≥ 45	附录 D
基床底层以下路堤	压实系数 K	≥ 0.90	≥ 0.90	≥ 0.90	最大干密度采用附录 B 方法确定
	非浸水 CBR (%)	≥ 35	≥ 30	≥ 30	附录 D

4.3 水泥改良黄土

- 4.3.1 水泥宜采用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，标号为 32.5 或 42.5，初凝时间不宜小于 4.0 h，终凝时间不宜小于 6.0 h，并符合 GB175 的要求。不应使用快硬水泥、早强水泥。
- 4.3.2 用于改良的黄土化学成分技术要求应符合表 3 的规定。

表 3 黄土化学成分技术要求

化学成分	有机质含量（%）	硫酸盐含量(折算成SO ₄ ²⁻)（%）
技术要求	≤2	≤0.25

4.3.3 基床表层、底层及以下路堤水泥改良黄土技术标准应符合表 4 的规定。

表 4 基床表层、底层及以下路堤水泥改良黄土技术标准

铁路等级	设计时速 (km/h)	基床表层		基床底层		基床以下路堤	
		压实系数 <i>K</i>	7d 饱和和无侧限抗压强度 (kPa)	压实系数 <i>K</i>	7d 饱和和无侧限抗压强度 (kPa)	压实系数 <i>K</i>	7d 饱和和无侧限抗压强度 (kPa)
有砟轨道	200	—	—	≥0.95	≥1200	≥0.90	≥500
	160	—	—	≥0.93	≥1200	≥0.90	≥500
	120	≥0.95	≥1500	≥0.93	≥1200	≥0.90	≥500
无砟轨道	250、300、350	—	—	≥0.95	≥1200	≥0.92	≥500
试验方法		最大干密度 采用附录 B 方法确定	TB 10102 无侧限抗压强度试验	最大干密度 采用附录 B 方法确定	TB 10102 无侧限抗压强度试验	最大干密度 采用附录 B 方法确定	TB 10102 无侧限抗压强度试验

4.3.4 水泥改良黄土水泥剂量参考值见表 5。

表 5 水泥改良黄土水泥剂量参考值

铁路等级	设计时速 (km/h)	基床表层		基床底层		基床以下路堤	
		压实系数 <i>K</i>	水泥剂量 (%)	压实系数 <i>K</i>	水泥剂量 (%)	压实系数 <i>K</i>	水泥剂量 (%)
无砟轨道	250、300、350	—	—	≥0.95	≥3	≥0.92	≥2
有砟轨道	200	—	—	≥0.95	≥3	≥0.90	≥2
	160	—	—	≥0.93	≥3	≥0.90	≥2
	120	≥0.95	≥4	≥0.93	≥3	≥0.90	≥2

5 施工准备

5.1 一般规定

- 5.1.1 施工前，建设单位应组织设计、施工、监理等单位进行技术交底，施工单位应进行施工组织设计，施工、监理人员应培训后上岗。
- 5.1.2 开工前应选择不小于 100 m 的试验段进行填筑工艺性试验。
- 5.1.3 应做好临时排水。

5.2 填筑工艺性试验

- 5.2.1 试验段应选择在断面及结构型式均具有代表性的地段或部位。

5.2.2 松铺厚度选用 30 cm~45 cm, 选择 20 t 以上单钢轮振动压路机静压 1 遍+强振若干遍的工艺, 检测不同压实遍数下黄土的压实系数与地基系数 K_{30} 、水泥改良黄土的压实系数, 确定施工参数:

- a) 绘制不同松铺厚度黄土填料的压实系数 K 、地基系数 K_{30} 随碾压遍数的变化曲线, 确定黄土填料的最优压实工艺, 包括适宜的碾压遍数和松铺厚度;
- b) 绘制某一适宜填筑厚度条件下黄土填料压实系数 K 、地基系数 K_{30} 随含水率变化的关系曲线, 确定施工控制含水率范围;
- c) 绘制不同松铺厚度水泥改良黄土的压实系数 K 随碾压遍数的变化曲线, 确定最优压实工艺, 包括适宜的碾压遍数和松铺厚度;
- d) 现场取芯并测试水泥改良黄土无侧限抗压强度, 确定施工水泥掺量。

5.2.3 填筑工艺性试验段完成后, 编制试验段总结报告, 应包括下列主要内容:

- a) 人员和机械设备组合;
- b) 最优压实工艺和松铺厚度;
- c) 施工含水率控制范围;
- d) 水泥改良黄土从拌和、运输、摊铺整平到碾压终了的延迟时间;
- e) 质量控制标准、安全保证措施、环保措施等。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 水泥改良黄土宜采用厂拌法集中拌和。

6.1.2 水泥改良黄土应采用流水作业法施工, 从开始拌和到碾压终了的延迟时间不应超过容许延迟时间。容许延迟时间采用附录 E 确定。

6.1.3 碾压时填料含水率宜控制在最佳含水率-1 %~+2 %以内。

6.2 拌和

6.2.1 水泥改良黄土拌和设备应符合以下要求:

- a) 稳定土拌和机额定拌和能力宜为 600 t/h 及以上, 拌缸长度不小于 2.5 m。
- b) 至少配备 2 个容量 80 t~100 t 的水泥罐, 罐仓内应配备水泥破拱器。
- c) 水泥罐应具有自动计量装置, 加水量采用高精度流量计控制。

6.2.2 拌和机实际产量应不超过额定产量的 85 %, 并保证实际出料能力宜超过摊铺能力的 10 %~15 %。

6.2.3 拌和前应先调试和标定所用设备, 并按生产配合比设定拌和参数, 包括输送带转速、加水量和水泥剂量。

6.2.4 拌和前将黄土破碎并过筛, 黄土最大粒径不超过 10 mm。

6.2.5 拌和前应检查黄土的含水率, 保持现场碾压含水率接近最佳含水率。

6.2.6 每天出料时, 检查水泥剂量是否符合设计要求。

6.3 运输

6.3.1 水泥改良黄土运输时, 运输车辆数量及运输能力应满足拌和与摊铺需要。

6.3.2 水泥改良黄土运输过程中应覆盖, 减少水分损失及环境污染。

6.4 摊铺整形

6.4.1 用平地机或其他合适的机具将料均匀地摊铺在预定的宽度上，表面力求平整，并有规定的路拱。

6.4.2 摊铺后，检验松铺厚度。必要时应进行减料或补料工作。

6.4.3 整形应符合下列要求：

- a) 黄土路基整形前，应检查黄土含水率，含水率宜略大于最佳值。若含水率不足时，应通过洒水车补充洒水并适当闷料。
- b) 直线段，平地机由两侧向路中心进行刮平；曲线段，平地机由内侧向外侧进行刮平。必要时，再返回刮一遍。
- c) 平地机或轮胎压路机立即在初平的路段上快速碾压一遍，以暴露潜在的不平整，并找补整平。
- d) 每次整形都应按照规定的坡度和路拱进行。

6.4.4 摊铺整形后，车辆不应在摊铺层上通行。

6.5 压实

6.5.1 压实机械应符合以下规定：

- a) 黄土填料施工时，根据施工气温和施工进度确定压实机械数量。
- b) 水泥改良黄土施工时，根据拌和、摊铺能力和施工气温，确定压实机械数量。20 t 以上单钢轮振动压路机宜不少于 2 台，胶轮压路机宜不少于 1 台。

6.5.2 碾压工艺：

- a) 初压采用单钢轮振动压路机静压 1 遍，碾压速度 1.5 km/h～1.7 km/h。
- b) 复压采用单钢轮振动压路机强振不少于 8 遍，碾压速度 1.8 km/h～2.2 km/h。
- c) 终压采用单钢轮振动压路机静压 1 遍，以消除轮迹；若为水泥改良黄土时，还宜采用胶轮压路机碾压，以消除微裂纹。碾压速度 1.5 km/h～1.7 km/h。

6.5.3 碾压应符合以下规定：

- a) 直线段碾压时，压路机应从外侧向路中心碾压；平曲线有超高路段碾压时，由低侧向高侧、自内向外碾压。
- b) 相邻两次的轮迹重叠宽度不宜小于 40 cm，各区段交接处纵向搭接长度不宜小于 2.0 m，上下两层填筑接头应错开不小于 3.0 m。
- c) 压路机不应在已完成或正在碾压的路段上调头。
- d) 如有局部晒干和风干迹象，影响压实时应及时采用喷雾形式补水。

6.5.4 碾压应在水泥改良土容许延迟时间前完成。

6.5.5 碾压应达到规定压实系数，且表面无明显轮迹、松散、微裂纹等。

6.5.6 压实系数检测后的试坑应及时分层回填并夯实。

6.6 检测与养生

6.6.1 检测应符合下列要求：

- a) 黄土碾压完毕，压实系数和地基系数经检测合格后，方可进行下一层填筑。
- b) 水泥改良黄土碾压完毕，压实系数经检测合格后，应即刻覆盖养生，达到规定要求后方可进行下一层填筑。
- c) 水泥改良黄土若两层连续施工时，下层改良黄土压实系数经检测合格后，立即填筑上一层改良黄土，可不需要养生。

6.6.2 养生应符合下列要求：

- a) 水泥改良黄土养生方式宜符合表 6 的规定。气温高于 30℃时，亦可采用 250 g/m²土工布+塑料薄膜覆盖的方式进行现场养生。

表 6 水泥改良黄土养生方式

土工布重量 (g/m ²)	下列气温(℃)的洒水频率(次/d)		
	5~15	15~25	25~35
200~400	1	2	3
400~500	0.5	1.5	2

- b) 水泥改良黄土保湿养生应不少于 7 d，或养生至上层填筑前 1 d。
c) 水泥改良黄土洒水养生时，洒水车应采用喷雾式喷头，不得采用高压式喷管。
d) 养生期间应封闭交通。

7 质量检查与验收

7.1 施工过程质量检查

7.1.1 原材料质量检查项目、频率与质量标准应符合表 7 的规定。

表 7 原材料质量检验项目、质量标准与频率

名称	检查项目	质量标准	检查频率	检测方法
C组黄土	塑性指数 I_p	符合表1要求	每一料场每1.5×10 ⁴ m ³ 检验1次	TB10102 界限含水率试验
	液限 w_L (%)	符合表1要求		TB10102 颗粒分析试验
	粗粒含量 (%)	符合表1要求		TB10102 颗粒分析试验
	含水率	实测值	碾压前测2个样品； 发现异常时，随时检测	TB10102 含水率试验
水泥改良黄土	有机质含量	符合表3要求	每5.0×10 ³ m ³ 检验1次原土料有机质和硫酸盐含量， 且同一土源不少于1次； 发现异常时，随时检测	TB 10103 有机质含量的测定
	硫酸盐含量(折算成SO ₄ ²⁻)	符合表3要求		TB 10103 硫酸根含量的测定
	强度	符合GB175的要求	材料组成设计时测2个样品； 厂家或强度等级变化时重测	GB/T 1346《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》
	凝结时间	初凝时间≥3.0 h，终凝时间≥6.0 h		
	安定性	符合GB175的要求		

7.1.2 黄土填料检查项目、频率与质量标准应符合表 8 的规定。

表 8 黄土填料检查项目、频率与质量标准

名称	检查项目	质量标准	频率	检测方法
C组黄土	含水率	碾压时不超过最佳含水率-1 %~+2 %	每工作班检验含水率1次； 发现异常时，随时检测	TB10102 含水率试验
水泥改良黄土	水泥剂量	设计水泥剂量0~+0.5 %	每2000 m ³ 测1 次； 至少6 个样品	根据附录F确定
	含水率	碾压时不超过最佳含水率-1 %~+2 %	每2000 m ³ 测1 次； 发现异常时，随时检测	TB10102 含水率试验
	延迟时间	延迟时间≤容许延迟时间	同一产地、厂家、品种且 连续进场的水泥每500 t检 验1 次	现场实测

7.2 验收

7.2.1 C组黄土压实标准应符合表 9 的规定。

表 9 C组黄土压实标准

检测项目	有砟轨道下列设计速度（km/h）压实标准				频率	检测方法
	基床底层	基床以下路堤				
	120	200	160	120		
压实系数 K	≥0.93	≥0.90	≥0.90	≥0.90	每层纵向 100 m 检测 2 个断面 6 点，每断面左、中、右各 1 点，左、右点距路基边缘 1 m 处。	TB 10102 灌砂法
地基系数 K_{30} （MPa/m）	≥100	≥90	≥80	≥80	每填高 90 cm，纵向 100 m 检测 2 个断面 4 点，距路基边缘 2 m 处 2 点、中间 2 点；填高不足 90 cm，检测 2 个断面 4 点。	TB 10102 地基系数试验
动态变形模量 E_{vd} （MPa）	≥50	≥45	≥40	≥40	每填高 90 cm，纵向 100 m 检测 2 个断面 4 点，距路基边缘 2 m 处 2 点、中间 2 点；填高不足 90 cm，检测 2 个断面 4 点。	TB 10102 动态变形模量 试验

7.2.2 水泥改良黄土压实标准应符合表 10 的规定。

表 10 水泥改良黄土压实标准

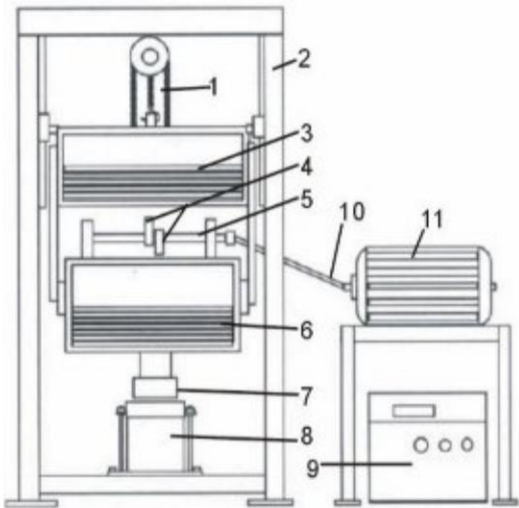
检测项目	基床表层	基床底层			基床以下路堤		频率	检测方法
	有砟轨道	有砟轨道		无砟轨道	有砟轨道	无砟轨道		
	120 km/h	<200 km/h	200 km/h	轨道	轨道	轨道		
压实系数 K	≥0.95	≥0.93	≥0.95	≥0.95	≥0.90	≥0.92	每 100 m 每压实层抽检 6 点， 其中左右距路肩边线 1 m 处 各 2 点，路基中部 2 点。	TB10102 灌砂法
7d 饱和 无侧限抗 压强度 (kPa)	≥1500	≥1200			≥500		对同土源、同外掺料做改良 土无侧限抗压强度试验 1 次	TB10102 无侧限 抗压强 度试验

7.2.3 路基验收还应符合 TB 10414 的规定。

附 录 A
(规范性)
垂直振动压实仪的技术要求

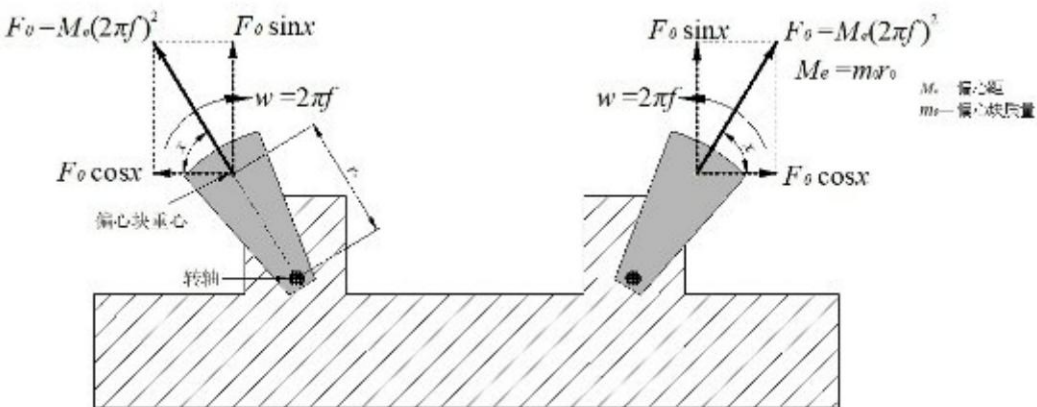
A. 1 VVTE的构造及原理

VVTE的激振器由对称于垂直平面的两个具有转速相等、方向相反的偏心块构成，如图A.1所示。当电机工作时，振动轴带动两偏心块高速转动产生离心力。两偏心块产生的离心力水平分量相互抵消、垂直分量相互叠加，形成垂直方向的正弦激振力，使VVTE在理论上产生垂直振动，并减少横向力的剪切作用，确保VVTE的稳定性。



1-升降系统；2-机架；3-上车系统；4-偏心块
5-转动轴；6-下车系统；7-振动锤；8-试模；
9-控制系统；10-转动轴；11-电机

(a) VVTE构造



(b) 偏心块产生的离心力

图 A. 1 VVTE 构造及原理

A.2 VVTE振动参数的定义

A.2.1 工作频率 working frequency

指VVTE偏心块转轴的转动频率 ω 或VVTE电机的输出频率 f ， $\omega = 2\pi f$ 。工作频率是可控参数。

A.2.2 振动频率 vibration frequency

指VVTE振动系统在激振力作用下产生受迫振动，振动锤对被压材料施加周期性变化的力的频率。通常工作频率不小于振动频率，振动频率与被压材料刚度有关，振动频率是不可控参数。

A.2.3 名义振幅 nominal amplitude

指VVTE的激振器静偏心矩 M_e 与参振质量 m_d 比值 A_0 ，即 $A_0 = \frac{M_e}{m_d}$ 。 A_0 是可控参数，用于评价和

比较不同型号垂直振动压实仪振动性能。

A.2.4 工作振幅 working amplitude

指VVTE在振动压实时振动系统的实际振幅。工作振幅是不可控参数，通常工作振幅不小于名义振幅。

A.2.5 激振力 exciting force

指偏心块高速旋转时产生的离心力，即 $F_0 = M_e \omega^2$ 或 $F_0 = m_d A_0 (2\pi f)^2$ 。激振力是可控参数。

A.2.6 振动作用力 applied force by vibration

指VVTE振动系统在激振力作用下产生受迫振动，振动锤对被压材料施加的垂直振动力，是被压材料的弹性变形量 $K_2 x_2$ 和阻尼力 $C_2 \dot{x}_2$ 矢量和，即 $F_s = \left[(K_2 x_2)^2 + (C_2 \dot{x}_2)^2 \right]^{1/2}$ 。 F_s 是不可控参数。

A.3 VVTE振动参数的技术要求

VVTE振动参数的技术要求内容如下：

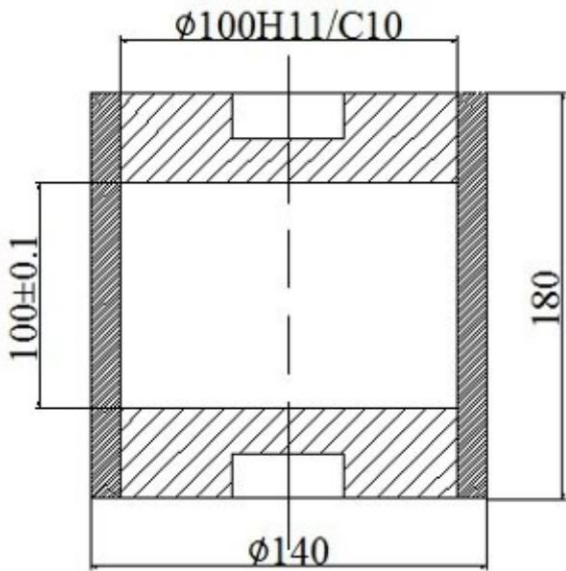
- 工作频率：35 Hz±1 Hz；
- 名义振幅：1.2 mm±0.05 mm；
- 工作重量：3.0 kN±0.02 kN；
- 上车系统重量：1.2 kN±0.01 kN；
- 下车系统重量：1.8 kN±0.01 kN。

附 录 B
(规范性)

最大干密度和最佳含水率测定方法——垂直振动击实试验方法

B.1 适用范围

- B.1.1 本方法适用于室内对黄土填料进行振动击实试验，以绘制黄土填料在振动击实条件下的干密度-含水率曲线，并确定其最大干密度和最佳含水率。
- B.1.2 仪器设备
- B.1.3 垂直振动压实仪：应符合本文件附录A的规定。
- B.1.4 试模：试模的内径×高度=100 mm×180 mm。试模尺寸应符合图B.1的规定。



注：H11/C10表示垫块和试模的配合精度，单位为毫米

图 B.1 试模与垫块尺寸示意图

- B.1.5 其他仪器设备包括：
- a) 电子天平：量程 30 kg，感量 0.1 kg；
 - b) 圆孔筛：孔径 5 mm 标准筛 1 个；
 - c) 量筒：200 mL、500 mL 的量筒各 1 个；
 - d) 直刮刀：长 200 mm~250 mm、宽约 30 mm、厚约 3 mm，一侧开口的直刮刀 1 把；
 - e) 拌和工具：约 1000 mm×1000 mm×1 mm 长方形铁皮，拌和用平头小铲等；
 - f) 脱模器、游标卡尺、烘箱等其它用具。

B.2 材料

- B.2.1 黄油、煤油、滤纸等，应符合TB 10102的有关规定。

B.3 试验准备

B.3.1 仪器准备

B.3.1.1 应检查并确保振动仪底座与台座、电器连接线接头、各连接处螺丝等连接牢固。

B.3.1.2 左右两根导向杠应涂抹黄油，振动锤表面应采用煤油擦拭干净。

B.3.1.3 滤纸裁剪成圆形，其尺寸宜接近于垫块直径。

B.3.2 材料准备

B.3.2.1 拌和厂或施工现场取样混合料，应符合下列要求：

- a) 试验前，将混合料拌和均匀并测试含水率 w ；
- b) 混合料按四分法取用，称取每份湿混合料试样质量 m_{s0} 。 $m_{s0} \approx 2000 \text{ g} \sim 2500 \text{ g}$ 。

B.3.2.2 试验室配制的混合料，应符合下列要求：

- a) 试验前，将各种原材料置于烘箱中烘至恒重，烘箱温度为 $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，时间为 $4 \text{ h} \sim 6 \text{ h}$ 。取烘干后 5 mm 筛下部分细料土备用；
- b) 预估单个试件的混合料质量 m_d ：

$$m_d = 176.7 \times h \times \rho_d \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中：

m_d —单个试件的混合料质量预估值（g）。一般 $m_d \approx 2000 \text{ g}$ ；

ρ_d —混合料预估干密度（ g/cm^3 ）；

h —试件高度（cm）。

c) 预估单个试件的水泥质量 m_s ：

$$m_s = m_d \times 0.01 \times \frac{P_s}{1 + P_s} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中：

m_s —单个试件的水泥质量（g）；

P_s —水泥剂量（%）。

d) 称取单个试件水泥质量 m_s 、土样质量 $m_d - m_s$ ，混合后拌和均匀得到干混合料；

e) 取拌和均匀的干混合料 1 份，加入质量为 $m_d \times w$ 的水（ w 为预设含水率），拌和均匀后得到质量 m_s 的湿混合料 1 份。

B.4 试验步骤

B.4.1 试模装料

B.4.1.1 将试模垫块置于试模内并使底部平整，然后在垫块上放置圆形滤纸。

B.4.1.2 取制备好的湿混合料 1 份，按四分法装入试模中并沿试模壁插捣不少于 6 次。

B.4.1.3 试模装料后称其质量 m_1 。

B.4.2 振动成型

B.4.2.1 启动电源，调节升降系统，使振动锤升至试模可放入的高度。

B.4.2.2 将整个试模连同内部垫块固定在垂直振动成型仪底座上。

B.4.2.3 降下振动锤，使振动锤与被压材料接触，设置振动频率 f 、振动时间 T ，开启振动。若为细粒土， $f=35\text{Hz}$ 、 $T=140 \text{ s}$ ；若为粗粒土， $f=30\text{Hz}$ （公称最大粒径 $\leq 40 \text{ mm}$ ）或 $f=35\text{Hz}$ （公称最大粒径 $> 40 \text{ mm}$ ）、 $T=100 \text{ s}$ 。

B. 4. 2. 4 振动结束后，升起振动锤，松开试模夹具，取出试模。

B. 4. 3 试样质量与高度测量

B. 4. 3. 1 称量含试样试模质量 m_2 后，将试模置于脱模机上以 70 mm/min 的速率脱出试样。

B. 4. 3. 2 称量试样质量 m_s ，准确至 0.1 g。

B. 4. 3. 3 用游标卡尺十字对称 4 个方向量测试样高度，取平均值作为试样高度 h ，准确至 0.1 mm。

B. 4. 3. 4 试样高度应为 120 ± 10 mm。当高度不符合要求时，试样应作废，并视试样高度，适当增加或减少 m_{s0} ，按上述步骤重新制备试样，直至试样高度符合要求为止。

B. 4. 4 试样干密度计算

试样干密度 ρ_d 按式 (B. 3) 计算：

$$\rho_d = \frac{m_s}{176.7 \times h} \cdot \frac{1}{1 + 0.01w} \quad \dots\dots\dots (B. 3)$$

式中：

ρ_d —试样的干密度(g/cm³)；

m_s —试样的质量(g)；

w —试样的含水率(%)；

h —试样高度(cm)。

B. 4. 5 最大干密度与最优含水率确定

B. 4. 5. 1 按本文件“B.3.2.2”方法，试验室准备干混合料 5 份～6 份。

B. 4. 5. 2 取拌和均匀的干混合料 1 份，加入质量为 $m_g \times w_i$ 的水，拌和均匀后得到的湿混合料 1 份。其中， w_i 为第 i 次试验时加入干混合料中的拌和含水率， $i=1, 2, 3, \dots$ ；一般地，粗粒土 $w_i=3\% \sim 5\%$ ，细粒土 $w_i=10\% \sim 15\%$ 。

B. 4. 5. 3 按本文件“6 试验步骤”确定 w_i 时混合料干密度 ρ_{di} ，并计算第 $i+1$ 次试验时所需的拌和含水率 w_{i+1} 。当 $m_{1(i)} - m_{2(i)} < 50$ g 时， $w_{i+1} = w_i + 0.5\%$ ；当 $m_{1(i)} - m_{2(i)} \geq 50$ g 时， $w_{i+1} = w_i - 0.7\%$ 。其中 $m_{1(i)}$ 为第 i 次试验时振动击实前试模装料后质量， $m_{2(i)}$ 为第 i 次试验时振动击实后含试样试模质量。

B. 4. 5. 4 振动击实试验确保不少于 3 组含水率的试样高度有效，计算得到不少于 3 组拌和含水率和干密度。以拌和含水率为横坐标、干密度为纵坐标，绘制干密度—含水率关系曲线，驼峰形曲线顶点的纵横坐标分别为最大干密度 ρ_{dmax} 和最佳含水率 w_0 。

B. 5 结果整理

B. 5. 1 混合料计算密度应保留小数点 3 位有效数字，含水率应保留小数点后 1 位有效数字。

B. 5. 2 应做两次平行试验，两次试验最大干密度的差不超过 0.03g/cm³。

B. 6 报告

报告应包括以下内容：

- a) 试件的最大粒径、超尺寸颗粒的百分率；
- b) 水泥的品牌、种类和强度等级；
- c) 最大干密度；

- d) 最佳含水率；
- e) 振动击实曲线。

B.7 记录

本试验的记录格式见表B.1。

表 B.1 黄土垂直振动击实试验记录表

工程名称	_____	试验方法	_____
试件编号	_____	试验者	_____
混合料名称	_____	校核者	_____
结合料剂量	_____	试验日期	_____

试验序号	1	2	3	4	5	6
含水率 w /%						
击实前试模+湿混合料的质量 m_1 /g						
击实后试模+湿混合料的质量 m_2 /g						
试件平均高度 h /cm						
试件质量 m_s /g						
计算 $\rho_d = \frac{m_s}{176.7 \times h} \cdot \frac{1}{1+0.01w}$ / (g/cm ³)						
($m_1 - m_2$) /g						
确定下一组拌合含水率						

附录 C

(规范性)

黄土圆柱体试件制备方法——试件垂直振动成型方法

C.1 适用范围

本方法适用于黄土填料无侧限抗压强度、间接抗拉强度、室内抗压回弹模量、动态模量、劈裂模量等试验用圆柱体试件。圆柱体试件尺寸为 $\Phi 100\text{ mm} \times h 100\text{ mm}$ 。

C.2 仪器设备

仪器设备包括以下内容：

- a) 垂直振动压实仪：应符合本文件附录 A 的规定；
- b) 试模：试模尺寸应符合图 B.1 的规定；
- c) 电子天平：量程 30 kg，感量 0.1 kg；
- d) 圆孔筛：孔径 5mm 标准筛 1 个；
- e) 量筒：200 ml、500 ml 的量筒各 1 个；
- f) 直刮刀：长约 200 mm~250 mm、宽约 30 mm、厚约 3 mm，一侧开口的直刮刀 1 把；
- g) 拌和工具：约 1000 mm×1000 mm×1 mm 的长方形铁皮，拌和用平头小铲等；
- h) 脱模器、烘箱等其它用具。

C.3 试验准备

C.3.1 仪器准备

- C.3.1.1 应检查并确保振动仪底座与台座、电器连接线接头、各连接处螺丝等连接牢固。
- C.3.1.2 左右两根导向杠应涂抹黄油，振动锤表面应采用煤油擦拭干净。
- C.3.1.3 试模数量不少于 6 个。
- C.3.1.4 滤纸裁剪成圆形，其尺寸宜接近于垫块直径。

C.3.2 混合料准备

- C.3.2.1 拌和厂或施工现场取样混合料，应符合下列要求：

- a) 试验前，将混合料拌和均匀；
- b) 混合料按四分法取用，单个试件混合料质量 m_d ：

$$m_d = V \times \rho_s \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

ρ_s —现场压实密度；

V —试件体积， $V = \pi \times \phi^2 \times h / 4$ ，当 ϕ 为 100 时， $V = 785.4\text{ cm}^3$ 。

- C.3.2.2 试验室配制的混合料，应符合下列要求：

- a) 试验前，将各种原材料置于烘箱中烘至恒重，烘箱温度为 $105 \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ，时间为 4 h~6 h。取烘干后 5 mm 筛下部分细料土备用；
- b) 计算单个试件的混合料质量 m_d 和需水量 m_w

$$m_d = V \times \rho_{d\max} \times K \times 1.02 \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

$$m_w = m_d \times 0.01 \times w_0 \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$\rho_{d\max}$ —混合料最大干密度（g/cm³）；

K —压实系数要求值；

w_0 —混合料最优含水率（%）。

c) 计算单个试件的水泥质量 m_s ：

$$m_s = m_d \times 0.01 \times \frac{P_s}{1 + P_s} \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

m_s —单个试件的水泥质量（g）；

P_s —水泥剂量（%）。

d) 称取单个试件水泥质量 m_s 、土样质量 m_d-m_s ，混合后拌和均匀得到干混合料。

e) 取1份干混合料，加入 m_w 水再次拌和均匀，得到湿混合料。

C.3.3 振动时间标定

C.3.3.1 按“C.4 试验步骤”，设置振动时间80 s、100 s、120 s，分别成型试件各1个，测量试件高度。

C.3.3.2 以横坐标为振动时间，纵坐标为试件高度，绘制振动时间~试件高度关系曲线。

C.3.3.3 曲线上试件高度要求值对应的时间，即为试件振动成型所需的时间T。

C.3.3.4 原材料相同时，振动时间T只需标定1次。原材料变化时，宜重新标定振动时间T。

C.4 试验步骤

C.4.1 试模装料

C.4.1.1 将试模垫块放入试模下部并使底部齐平，然后在垫块上放置圆形滤纸。

C.4.1.2 取至备好的湿混合料1份，按四分法装入试模中并沿试模壁插捣不少于6次。

C.4.2 振动成型

C.4.2.1 启动电源，调节升降系统，使振动锤升至试模可放入的高度。

C.4.2.2 将整个试模连同内部垫块固定在振动仪底板上。

C.4.2.3 降下振动锤，使振动锤与被压材料接触，设置振动频率 f 、振动时间T，开启振动。公称最大粒径≤40 mm时， $f=30\text{Hz}$ ，其他 $f=35\text{Hz}$ 。

C.4.2.4 振动结束后，升起振动锤，松开试模夹具，取出试模。

C.4.3 试件检查与养生

C.4.3.1 将试模置于脱模器上以70 mm/min的速率脱出试件。

C.4.3.2 称量试件质量 m_b ，用游标卡尺十字对称4个方向量测试件高度 h （取平均值），检查试件高度和质量，不满足要求的试件应作废。试件高度误差应为-1 mm~+3 mm，质量损失应不大于 $(m_d+m_w) \times 1\%$ 。

C.4.3.3 将合格试件进行编号，置于干燥洁净的台面上，供试验用。若为水泥改良土，应立即放入塑料袋中封闭，并移放至养生室或养生箱中养生。

C.4.5 结果整理

C.4.5.1 试件高度误差范围控制在-0.1 mm~+0.3 mm。

C.4.5.2 试件的质量损失应不超过15 g。

C.5 记录

本试验的记录格式见表C.1。

表 C.1 垂直振动成型黄土圆柱体试件记录表

工程名称					混合料名称				
配合比					最佳含水率/%				
最大干密度/（g/cm ³ ）					试件压实系数/%				
试件标准质量/g					试验方法				
试验者					试验日期				

编号	高度/mm				质量/g
	1	2	3	平均	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

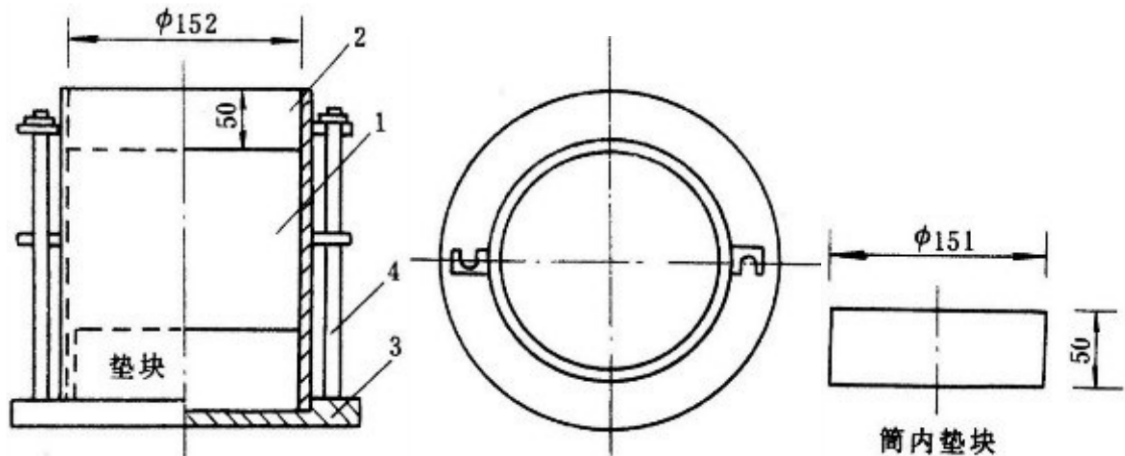
附 录 D
(规范性)
黄土路基填料非浸水 CBR 试验

D.1 适用范围

本试验方法适用于在规定击实筒内制备的试件进行非浸水承载比试验。

D.2 仪器设备

D.2.1 试筒：内径152 mm、高170 mm的金属圆筒；套筒：高50 mm；筒内垫块，直径151 mm、高50 mm；夯击底板，同击实仪。试筒的型式和主要尺寸如图D.1所示。



注1：1-试筒；
注2：2-套环；
注3：3-夯击底板；
注4：4-拉杆

图 D.1 承载比试筒（单位：mm）

- D.2.2 贯入杆，端面直径50 mm、长约100 mm的金属柱。
- D.2.3 路面材料强度仪或其他载荷装置。能调节贯入速度至每分钟贯入1 mm；测力环应包7.5 kN、15 kN、30 kN、60 kN、100 kN和150 kN等型号。
- D.2.4 百分表：3 个。
- D.2.5 天平：称量2000 g，感量0.01 g；称量50 kg，感量5 g。
- D.2.6 其他：拌和盘、直尺、滤纸、推土器等。

D.3 试件

- a) 将具有代表性的试料风干，必要时可在 50 ℃烘箱内烘干；
- b) 按附录 B 的振动击实试验方法确定试料的最大干密度和最佳含水率。

D.4 试验步骤

D.4.1 将具有代表性的试料风干，必要时可在50℃烘箱内烘干。取代表性的试料测定其风干含水率。按最佳含水率制备3个试件，掺水将试料充分拌匀后装入密闭容器或塑料口袋内浸润。浸润时间：黏性土不得小于24 h，粉性土可缩短12 h。（注：需要时，可制备三种干密度试件，使试件的干密度控制在最大干密度的90%~100%之间。如每种干密度试件制3个，则共制9个试件，9个试件共需试样约55 kg）。

D.4.2 将试筒固定在底板上，将垫块放入筒内，并在垫块上放一张滤纸，安上套环。

D.4.3 采用附录C方法成型圆柱体试件，每击实3筒试件，取代表性试样进行含水率试验。

D.4.4 卸下套环，用直刮刀沿试筒顶修平击实的试件，表面不平整处用细料修补并取出垫块。

D.4.5 贯入试验

D.4.5.1 应选用合适吨位的测力环，贯入结束时测力环读数宜占其量程的1/3以上。

D.4.5.2 将试件放到路面材料强度试验仪的升降台上，调整偏球座，对准、整平并使贯入杆与试件顶面全面接触，在贯入杆周围放置4块荷载板。

D.4.5.3 先在贯入杆上施加少许荷载，以便试样与土样紧密接触，然后将测力和测变形的百分表的指针均调整至整数，并记读初始读数。

D.4.5.4 加荷使贯入杆以1.25 mm/min的速度压入试件，同时测记三个百分表的读数。记录测力计内百分表某些整读数（如20、40、60）时的贯入量，并注意使贯入量为 250×10^{-2} mm时，能有5个以上的读数。因此，测力计内的第一个读数应是贯入量 30×10^{-2} mm左右。

D.5 结果整理

D.5.1 技术要求以单位压力（ p ）为横坐标，贯入量（ l ）为纵坐标，绘制 $p-l$ 关系曲线，如图D.2所示。图上1是合适的。曲线2开始段是凹曲线，需要进行修正。修正时在变曲率点引一切线，与纵坐标交于 O' 点， O' 即为修正后的原点。

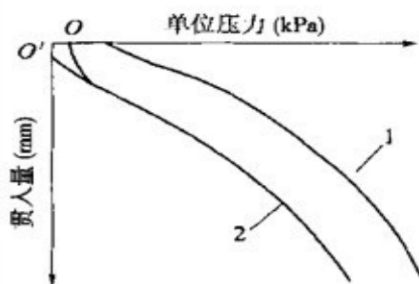


图 D.2 单位压力与贯入量的关系曲线

D.5.2 根据公式D.1和D.2分别计算贯入量为2.5 mm和5 mm时的承载比（CBR）。

$$CBR_{2.5} = \frac{p}{7000} \times 100 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

$CBR_{2.5}$ —贯入量 2.5 mm时的承载比(%), 计算至0.1%；

p —贯入量2.5 mm时的荷载强度(kPa)；

7000—贯入量2.5 m时所对应的标准荷载强度(kPa)。

D. 5. 3 贯入量为5. 0mm时：

$$CBR_{5.0} = \frac{p}{10500} \times 100 \dots\dots\dots (D. 2)$$

式中：
CBR_{5.0}—贯入量 5.0 mm时的承载比(%），计算至0.1%；
p—贯入量5.0 mm时的荷载强度(kPa)；
10500—贯入量5.0 m时所对应的标准荷载强度(kPa)。

D. 5. 4 宜采用贯入量2.5 mm时的承载比。贯入量为5.0 mm时的承载比大于贯入量2.5 mm时的承载比时，应重新进行试验。如试验结果仍然相同，则采用贯入量为5.0 mm时的承载比。

D. 5. 5 本试验记录格式见表D.1。

D. 5. 6 精度和允许差。

计算3个平行试验的CBR变异系数C_v。如C_v小于12 %，则取3个结果的平均值；如C_v大于12%，则去掉一个偏离大的值，取其余2个结果的平均值。CBR值（%）取小数点后一位。

D. 6 报告

- D. 6. 1 材料状态描述。
- D. 6. 2 材料的最佳含水率(%)和最大干密度(g/cm³)。
- D. 6. 3 材料的CBR (%)

表 D.1 贯入试验记录

试验方法

试验者

土样编号

计算者

最大干密度/（g/cm³）

校核者

最佳含水率（%）

试验编号

试件标准质量/g

试验日期

测力环校正系数C=_____kN/0.01 mm，贯入杆面积A=1.9635×10⁻³m²

$$p = \frac{C \times R}{A}$$

$l=2.5\text{ mm时}, p=$ _____

$CBR = \frac{P}{7000} \times 100 =$ _____

$l=5.0\text{ mm时}, p=$ _____

$CBR = \frac{P}{10500} \times 100 =$ _____

荷载测力计百分表		单位压力	贯入量百分表读数					贯入量
读书	变形值		左表		右表		平均值	
			读数	位移值	读数	位移值		

附 录 E
(规范性)
水泥改良黄土施工容许延迟时间确定方法

E.1 适用范围

本方法用于确定水泥改良黄土施工现场的容许延迟时间。

E.2 试验方法

- E.2.1 水泥改良黄土施工现场容许延迟时间的确定以水泥净浆在施工时的温度和养护条件下的初凝时间作为参考指标。
- E.2.2 水泥净浆的初凝时间依据《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T1346-2001)确定。

E.3 试验步骤

E.3.1 以陕西尧柏特种水泥有限公司生产的P.O 42.5缓凝普通硅酸盐水泥为例，根据《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》(GB/T1346-2001)中关于水泥凝结时间检验方法，检验18℃、20℃、24℃、28℃和36℃施工温度下水泥的凝结时间，并以施工温度为横轴，水泥凝结时间为纵轴，绘制关系图，见图E.1。

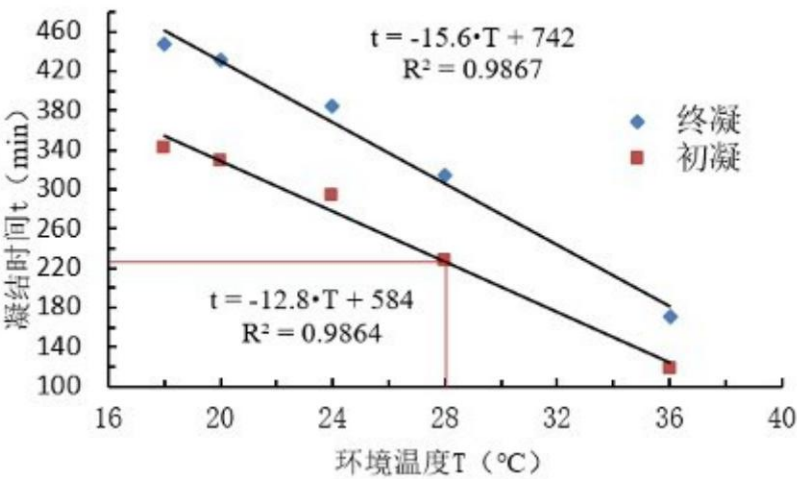


图 E.1 温度水泥凝结时间关系图

E.3.2 根据施工现场的温度按图E.1确定对应温度下水泥的初凝时间即为水泥改良黄土施工现场的容许延迟时间。

附 录 F
(规范性)
水泥改良黄土水泥剂量检测方法

F.1 适用范围

本方法用于确定水泥改良黄土水泥剂量。

F.2 试验方法

水泥改良黄土水泥剂量采用EDTA滴定试验方法进行检测。

F.3 仪器器具

F.3.1 方孔或圆孔筛：孔径10 mm，1个。

F.3.2 酸式滴定管：容量50 mL，分度值0.1 mL，1个。

F.3.3 滴定台：1 个。

F.3.4 滴定管夹：1 个。

F.3.5 大肚移液管：容量10 mL、50 mL，10 支。

F.3.6 锥形瓶：容量200 mL或250 mL，10 个。

F.3.7 烧杯：容量2000 mL，1 个；容量300 mL，10 个。

F.3.8 容量瓶：1000 mL，1 个。

F.3.9 搪瓷杯：容量不少于1200 mL，10 个。

F.3.10 搅拌棍：不锈钢棒或粗玻璃棒，10 根。

F.3.11 量筒：容量100mL和5mL，各1个；50 mL，2 个。

F.3.12 棕色广口瓶（装钙红指示剂）：60 mL，1个。

F.3.13 电子天平：量程不小于5000 g，感量0.01 g。

F.3.14 秒表：1 只。

F.3.15 表面皿：φ9 cm，10 个。

F.3.16 研钵：φ12 cm~13 cm，1 个。

F.3.17 洗耳球：1 个。

F.3.18 pH试纸：pH12~14。

F.3.19 聚乙烯桶：容量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。

F.3.20 洗瓶（塑料）：500mL。1只

F.3.21 其他设备：毛刷、去污粉、吸水管、铅笔、厘米纸、塑料勺。

F.4 试剂配制

F.4.1 0.1 mol/L EDTA标准溶液：称取乙二胺四乙酸二钠（ $C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$ ）37.23 g,置于容量瓶中，用40℃~50℃的无CO₂蒸馏水溶解，待全部溶解并冷却至室温后，定容至1000 mL。

F.4.2 10 %NH₄Cl溶液：将500gNH₄Cl（分析纯）放入10 L的聚乙烯桶内，加蒸馏水4500 mL，充分振荡使NH₄Cl完全溶解。此溶液应当天配制，当天使用。

F.4.3 1.8 %NaOH（含三乙醇胺）溶液：称取18 g 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），搅拌均匀后储于聚乙烯桶中。

F.4.4 钙红指示剂：称取0.2 g钙指示剂（C₂₁H₁₃O₇N₂SNa）与预先在105 °C烘1 h的20 g硫酸钾（K₂SO₄）。一起放入研钵中，混合均匀研成粉末，贮于棕色广口瓶中，以防吸潮。

F.5 标准曲线绘制

F.5.1 取工地实际所用的水泥和代表性土样5000 g，风干土样并测定风干含水率 w 。

F.5.2 准备10份风干土样，每份土样为400 g。

F.5.3 取风干土样1份，加入 m_{si} （g）水泥和 m_{wi} （g）水拌和均匀，制备水泥剂量 P_{si} 的改良土试样。 m_{si} 和 m_{wi} 分别按式（F.1）、式（F.2）计算：

$$m_{si} = 400 \times (1 - 0.01w) \times P_{si} \dots\dots\dots (F.1)$$

$$m_{wi} = (400 - m_{si}) \times (0.01w_o - 0.01w) \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

P_{si} — i 组试验时的水泥剂量 P_s ， P_{s3} 应尽可能接近工地实际所用水泥剂量，通常 $i=1,2,3,4,5$ 时分别对应水泥剂量为0 %，2 %，4 %，6 %，8 %；

m_{si} —水泥剂量 P_{si} 时改良土加入水泥的质量（g）；

m_{wi} —水泥剂量 P_{si} 时改良土加入水的质量（g）；

w_o —重型击实或振动击实方法确定的最佳含水率（%）；

w —土样风干含水率（%）。

F.5.4 将拌和均匀后水泥剂量 P_{si} 的改良土试样过10 mm筛，取筛下部分改良土300 g并装入1200 mL搪瓷杯中。

F.5.5 取一个盛有300 g试样的搪瓷杯，加入10%NH₄Cl溶液600 mL，用搅拌棒以110次/min~120次/min的速度搅拌3 min。静置4 min，若不澄清应继续放置，直至出现澄清悬液，记录所需时间 t_0 ，所有该种水泥改良土均应控制同一时间。将上部清液移至300 mL烧杯中，盖上表面皿待测。并记录环境温度 T_0 。

F.5.6 用移液管吸取上部清液10 mL，放入约250 mL锥形瓶中加入1.8 %NaOH（含三乙醇胺）溶液50 mL（此时溶液pH值应为12.5~13.0），然后加入少许钙指示剂摇匀，此时溶液呈玫瑰红色。

F.5.7 记录滴定管中0.1 mol/L的EDTA标准溶液的体积 V_1 ，然后用EDTA标准溶液滴定，边滴定边摇匀，并仔细观察溶液的颜色。当溶液颜色变为紫色时，减缓滴定速度并摇匀，直至纯蓝色时停止滴定，记录滴定管中EDTA溶液体积 V_2 （以mL计，读至0.1 mL）。

F.5.8 计算水泥剂量 P_{si} 的改良土EDTA标准溶液消耗量，即为 V_1-V_2 。

F.5.9 每组水泥剂量应进行2次平行试验，做完5组水泥剂量改良土滴定试验后，以同一水泥剂量改良土EDTA标准溶液消耗量的平均值（mL）为纵坐标，水泥剂量（%）为横坐标，绘制标准曲线，如图F.1所示。

F.5.10 标准曲线制作时，水泥种类、土料应与待检测水泥改良土属于同批次材料。若水泥种类、土料改变，应重新制作标准曲线。

F.6 水泥剂量检测

F.6.1 从拌和厂或工地现场取代表性改良土试样500 g，并测试含水率（记为 w_1 ）。

F.6.2 取样时，记录试样拌和的大致时间点 t_1 。

F.6.3 将待检测水泥改良土过10 mm筛，取筛下部分试样300 g装入1200 mL搪瓷杯中。记录该时间点 t_2 ，计算检测延迟时间 $t = t_2 - t_1$ 。

F.6.4 取一个盛有300 g试样的搪瓷杯，加入10 % NH_4Cl 溶液600 mL，用搅拌棒以110 次/min~120 次/min的速度搅拌3 min。静置 t_0 后将上部清液移至300 mL烧杯中，将上部清液移至300 mL烧杯中，盖上表面皿待测。并记录环境温度 T_1 。

F.6.5 按F.3.6~F.3.7条款测定待检水泥改良土EDTA标准溶液消耗量 M_0 （mL）。

F.6.6 根据检测延迟时间 t 和环境温度，按式（F.3）计算EDTA标准溶液消耗量修正值 M 。

$$M = M_0 + M_{T,t} + M_w \quad \text{..... (F. 3)}$$

$$M_{T,t} = 0.024t + 0.087(T_1 - T_0) - 2.07 \quad \text{..... (F. 4)}$$

$$M_w = 2.14(w_0 - w_1) + 2.72 \quad \text{..... (F. 5)}$$

式中：

M —考虑检测延迟时间、环境温度和改良土含水率影响的EDTA标准溶液消耗量修正值；

M_0 —待检测改良土EDTA标准溶液消耗量实测值；

$M_{T,t}$ —EDTA消耗量的环境温度、检测延迟时间修正值；

M_w —EDTA消耗量的改良土含水率修正值；

t —检测延迟时间，min；

T_0 —标准曲线绘制时环境温度，℃；

T_1 —待检改良土检测时环境温度，℃。

w_0 —标准曲线绘制时重型或振动击实确定的最佳含水率，%。

w_1 —待检改良土实测含水率，%。

F.6.7 根据图1标准曲线和待测试样的EDTA标准溶液消耗量修正值 M ，确定水泥剂量。

F.7 结果整理

本试验应进行2 次平行测定，取算术平均值，精确值0.1 mL。允许重复性误差不得大于均值5 %，否则，重新进行试验。

F.8 试验报告

F.8.1 试验报告应包含工程名称、土样来源、水泥来源、试验人员、改良土最佳含水率 w_0 等。

F.8.2 标准曲线EDTA消耗量记录格式见表F.1。

F.8.3 标准曲线见图F.1。

F.8.4 待检改良土EDTA消耗量记录格式见表F.2。

表 F.1 标准曲线 EDTA 消耗量

工程名称				改良土最佳含水率 w_0 (%)			
土样来源				检测环境温度 T_0 (℃)			
水泥来源				悬液澄清所需时间 t_0			
试验人员				试验日期			
试验结果							
P_{si} (%)	1			2			EDTA 消耗量均值 (mL)
	V_1 (mL)	V_2 (mL)	EDTA消耗量 V_1-V_2 (mL)	V_1 (mL)	V_2 (mL)	EDTA消耗量 V_1-V_2 (mL)	

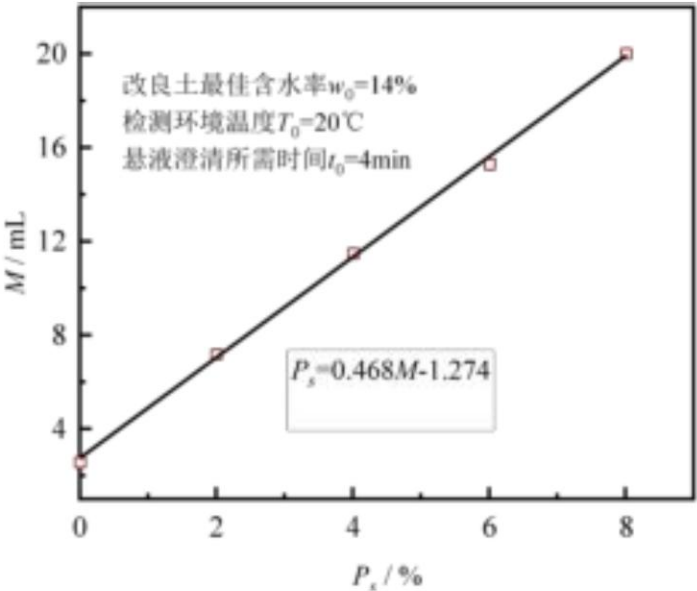


图 F.1 标准曲线

表 F.2 待检测改良土 EDTA 消耗量

工程名称				改良土含水率 w_1 （%）				
结构层名称				检测环境温度 T_1 （℃）				
试样编号				检测延迟时间 t （min）				
$M_w=2.14（w_0-w_1）+2.72$				试验人员				
$M_{T,t}=0.024t+0.087（T_1-T_0）-2.07$				试验日期				
试验结果								
试样 编号	V_1 （mL）	V_2 （mL）	$M_0=V_2-V_1$ （mL）	M_0 均值 （mL）	$M_{T,t}$ （mL）	M_w （mL）	EDTA消耗量修正值 $M=M_0+M_{T,t}+M_w$ （ml）	水泥剂量 （%）
1								
