

团 体 标 准

T/DGWIA 003—2020

道路复合稳定土应用技术标准

2020 – 12 – 25 发布

2020 – 12 – 30 实施

东莞市水务行业协会 发 布
东莞市水利学会
东莞市土木建筑学会
东莞市标准化协会

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。

本文件由广东华泱技术有限公司提出。

本文件由东莞市水务行业协会、东莞市水利学会、东莞市土木建筑学会和东莞市标准化协会共同归口。

本文件起草单位：广东华泱技术有限公司、深圳市水务规划设计股份有限公司、东莞市水利勘测设计院有限公司、轻工业环境保护研究所、中国市政工程东北设计研究总院有限公司、中国华西工程设计建设有限公司、深圳大学建设工程生态技术研究所、广东润昌建设工程有限公司。

本文件主要起草人：杨冬云、陈淑玉、林泳彬、李国威、李翔、张建中、梁谦、卢志锦、曹哲、李庆壮、贺家豪、刘建、丁铸、余年、黄泽民。

本文件首次发布日期：2020年12月25日。

道路复合稳定土应用技术标准

1 范围

本文件规定了以河湖淤泥处理后的余土为基本材料,添加固化剂配制的水泥复合稳定土、水泥石灰复合稳定土的配合比设计、施工工艺和质量管理要求。

本文件适用于水利、市政道路等的复合稳定土基层、底基层以及路基修筑。

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 5749 生活饮用水卫生标准
CJ/T 486 土壤固化外加剂
JGJ 63 混凝土用水标准
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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

复合稳定土 compound stabilized soil

以河湖污泥处理后的余土为基本材料,用土质固化剂和石灰、水泥等无机结合料按一定比例均匀掺配而形成的、能够满足路用技术指标要求的混合料。

3.2

水泥复合稳定土 cement stabilized soil

以水泥作为结合料的复合稳定土。

3.3

水泥石灰复合稳定土 cement-lime stabilized soil

以水泥和石灰共同作为结合料的复合稳定土,或称综合复合稳定土。

3.4

固形物含量 solid content

土质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。

3.5

总酸度 total acidity

中和100 g土质固化剂消耗氢氧化钠(NaOH)的质量。

3.6

总碱度 total alkalinity

中和100 g土质固化剂消耗盐酸(HCl)的质量。

3.7

细粒土 fine-grained soil

颗粒最大粒径不大于4.75 mm, 公称最大粒径不大于2.36 mm的土。

3.8

中粒土 medium-grained soil

颗粒最大粒径不大于26.5 mm, 公称最大粒径大于2.36 mm且不大于19.0 mm的土或集料。

3.9

粗粒土 coarse-grained soil

颗粒最大粒径不大于53.0 mm, 公称最大粒径大于19.0 mm且不大于37.5 mm的土或集料。

4 原材料要求

4.1 一般规定

原材料试验应随机选取试验样本, 并满足现行试验规程或相关设计文件所规定的数量要求。

4.2 土

4.2.1 河湖淤泥去除固体物质、粗集料固体混合物、脱水固化后得到的细集料固体混合物, 简称河湖余土(以下简称为土); 按照土的颗粒组成, 将土分为细粒土、中粒土和粗粒土三种。复合稳定土宜以稳定细粒土为主。

土的分类按照《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTG E51)的规定执行。

4.2.2 塑性指数小于12的细粒土, 以及黏土颗粒含量小于30%的中粒土或粗粒土, 宜用于水泥复合稳定土。

4.2.3 塑性指数大于17、液限大于40%的土, 不宜单独采用一种结合料做复合稳定土, 可用水泥和石灰综合稳定。

4.2.4 有机质含量超过2%的土, 应先用石灰进行处理, 闷料12 h后再用水泥复合稳定。有机质含量超过10%的土, 不得用于复合稳定土。

4.2.5 复合稳定土用土, 应按相应规范取样并进行下列试验:

- a) 颗粒分析(试验方法: JTG E51中T 0115);
- b) 液限和塑性指数(试验方法: JTG E51中T 0118/T 0119);
- c) 有机质含量(必要时做)(试验方法: JTG E51中T 0151);
- d) 硫酸盐含量(必要时做)(试验方法: JTG E51中T 0153)。

4.3 土壤固化剂

应根据土的工程性质选择相适应的土壤固化剂。适用于不同土质的土壤固化剂的指标和特征宜满足表1的要求。

表1 适用于不同土质的土质固化剂的指标和特征

序号	固化剂的性质指标	土的工程性质			
		塑性指数 $7 \leq I_p \leq 17$, 或小于 0.075mm 颗粒 含量为 10%~30%	塑性指数 $5 \leq I_p \leq 9$, 或小于 0.075mm 颗粒 含量为 8%~12%	塑性指数 $I_p < 7$, 或 小于 0.075mm 颗粒 含量小于 10%	塑性指数 $I_p > 14$, 或 小于 0.075mm 颗粒含 量大于 30%
1	pH 值	≤ 1	≤ 11	≤ 12	≤ 1
2	溶解性	完全溶解	完全溶解	完全溶解	完全溶解
3	密度 (20℃, g/cm ³)	1.24±0.03	1.26±0.03	1.28±0.03	1.28±0.03
4	固形物含量 (%)	25.0~35.0	33.0~43.0	32.0~42.0	42.0~48.0
5	总酸度 (NaOH, g/100g 样品)	9.5~12.5	—	—	21.0~27.0
6	总碱度 (HCl, g/100g 样品)	—	7.0~9.5	7.0~9.5	—
注1：工程用土满足其中一个条件即可选用相对应的固化剂。 注2：溶解性：完全溶解指能迅速溶解于溶剂中，形成均匀透明的溶液。 注3：pH值：固化剂使用时需要用水稀释，稀释至25倍以上时为弱酸、弱碱。 注4：所使用的固化剂应符合国家环保要求。					

4.4 水泥

4.4.1 普通硅酸盐水泥等都可用于复合稳定土；宜采用强度等级较低的水泥，如 32.5 级或 42.5 级水泥。

4.4.2 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。

4.4.3 水泥的安定性应合格。严禁使用已受潮变质的水泥。

4.5 石灰

4.5.1 石灰技术要求应符合表 2 和表 3 的规定。

表2 生石灰技术要求

指标	钙质生石灰			镁质生石灰			试验方法 (JTG E51)
	I	II	III	I	II	III	
有效氧化钙加氧化镁含量 (%)	≥ 85	≥ 80	≥ 70	≥ 80	≥ 75	≥ 65	T 0813
未消化残渣含量 (%)	≤ 7	≤ 11	≤ 17	≤ 10	≤ 14	≤ 20	T 0815
钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量 (%)	≤ 5			> 5			T 0812

表3 消石灰技术要求

指标	钙质消石灰			镁质消石灰			试验方法 (JTG E51)
	I	II	III	I	II	III	
有效氧化钙加氧化镁含量 (%)	≥ 65	≥ 60	≥ 55	≥ 60	≥ 55	≥ 50	T 0813

含水率(%)		≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	T 0801
细度	0.60mm 方孔筛的筛余 (%)	0	≤1	≤1	0	≤1	≤1	T 0814
	0.15mm 方孔筛的筛余 (%)	≤13	≤20	—	≤13	≤20	—	T 0814
钙镁石灰的分类界限, 氧化镁含量(%)		≤4			>4			T 0812

4.5.2 二级公路、城市次干路及支路、厂矿道路、林区道路和水利道路用石灰应不低于Ⅲ级技术要求, 三级及三级以下公路宜不低于Ⅲ级技术要求。

4.5.3 三级及三级以下公路使用等外石灰时, 有效氧化钙含量应在 20%以上, 且混合料强度应满足要求。

4.5.4 应尽量缩短石灰的存放时间; 石灰在露天堆放时间较长时, 应予覆盖防潮。

4.6 水

4.6.1 符合现行《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)的饮用水, 可直接作为复合稳定土的拌和与养生用水。

4.6.2 非饮用水用于拌和和养生时应进行水质检验, 技术要求应符合表 4 的规定。

表4 非饮用水技术要求

项次	项目	技术要求	试验方法
1	pH 值	≥4.5	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	其他杂质	不应有漂浮的油脂和泡沫及明显的颜色和异味	

5 结构设计

5.1 一般规定

5.1.1 复合稳定土基层、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。

注: 通过室内试验与对实体工程检测结果的比较, 表明复合稳定土的强度能满足规范对半刚性路面基层混合料技术指标的要求; 通过复合稳定土基层稳定性、整体强度以及抗收缩性等指标与常规无机结合料稳定类材料的对比, 表明复合稳定土具备技术的可靠性。

5.1.2 复合稳定土应用时应符合下列规定:

- 水泥复合稳定土、水泥石灰复合稳定土宜用于二级及二级以下公路、城市次干路及支路、厂矿道路、林区道路和水利道路等的基层和底基层。
- 对有特殊气候条件或特殊荷载需求的道路, 复合稳定土的类别及适用层位应经试验论证后确定。

5.2 结构设计要求

- 5.2.1 复合稳定土基层和底基层的设计厚度应根据交通量大小、材料性能等因素确定，且不得小于250mm。
- 5.2.2 在排水不良或路基潮湿、过湿状态的路段，可设置复合稳定土垫层。

6 混合料组成设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 混合料组成设计中，应根据当地材料的特点和混合料设计要求，选择技术合理、经济可行的混合料类型和配合比。
- 6.1.2 应根据已确定使用的土的种类和性质、道路的等级和应用层位等，选用满足要求的结合料和固化剂类型，确定混合料配合比设计的技术指标。
- 6.1.3 复合稳定土材料组成设计应包括材料检验、混合料的目标配合比设计、混合料的生产配合比设计和施工参数确定四部分。
- 6.1.4 确定复合稳定土混合料最佳含水率和最大干密度指标时应采用重型击实方法。

6.2 强度要求

- 6.2.1 应采用7d龄期无侧限抗压强度作为复合稳定土施工质量控制的主要指标。
- 注：根据材料的7d龄期无侧限抗压强度水平高低可以预测材料在长期使用环境下路用强度水平的情况。对于同一类复合稳定土材料，7d龄期无侧限抗压强度水平越高，其后期的强度水平也越高。
- 6.2.2 公路工程水泥复合稳定土的7d龄期无侧限抗压强度标准 R_d 应符合表5的规定。

表5 公路工程水泥复合稳定土的7d龄期无侧限抗压强度标准 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	二级及二级以下公路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	二级及二级以下公路	2.5~4.5	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。				

- 6.2.3 城市次干路及支路、厂矿道路、林区道路和水利道路等的基层、底基层强度要求与表5的二级及二级以下公路相同。
- 6.2.4 根据表5规定的抗压强度标准，确定合适的结合料和固化剂配合比。此配合比试件室内试验结果的平均抗压强度 R 应符合式(1)的要求：

$$R \geq 1 - Z_{\alpha} C_v \dots \dots \dots (1)$$

式中：

R ——设计抗压强度，见表5；

R_d ——试验结果的变异系数，以小数计；

C_v ——标准正态分布表中随保证率(或置信度 α)而变的系数，城市次干路及支路、厂矿道路、林区道路和水利道路等道路应取保证率90%，即 $Z_{\alpha} = 1.282$ 。

注：式(1)就是观测值的下波动限 ($R - Z_{\alpha/2} S$)，应大于或等于设计抗压强度 R_d 。

6.3 压实度要求

6.3.1 应根据公路等级、压实度要求、碾压层厚度、工程量大小、工程进度计划以及混合料颗粒组成、施工现场条件等，选择合适的压实机具，并根据铺筑的试验段确定碾压工艺。

注：影响复合稳定土强度的主要因素除了材料、配合比及养生条件外，压实度也是重要因素，而且对复合稳定土的强度影响很大。采用同种材料、同种配合比，在相同条件下对压实度不同的复合稳定土试件进行无侧限抗压强度试验，测试结果见表6和图1。显然，随着压实度的提高，复合稳定土的强度会明显提高，尤其是在压实度达到95%以上时，28d抗压强度提高的幅度更大。另外，由于复合稳定土易于压实，因此，通过提高压实度来提高复合稳定土的强度是可行的。

表6 不同压实度的复合稳定土无侧限抗压强度试验结果

材料配合比		压实度 (%)	7d 无侧限抗压 强度 (MPa)	28d 无侧限抗压 强度 (MPa)
石灰：土	固化剂剂量 (%)			
6:94	0.020	90	0.90	1.34
		93	1.06	1.64
		95	1.18	1.80
		98	1.32	2.50

注：土为东莞市清溪镇清溪水底泥处理后低液限黏土， $I_p=12.3$ 。

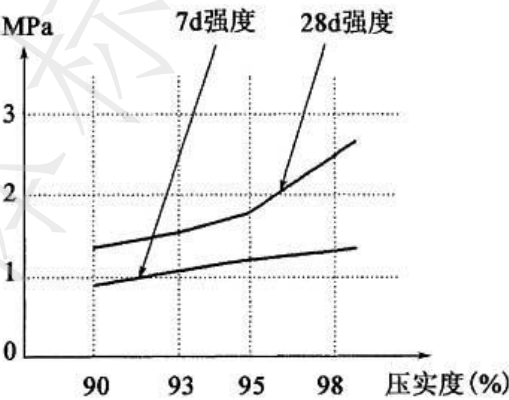


图1 复合稳定土压实度与抗压强度关系图

6.3.2 两次施工的接缝处应充分压实，摊铺前应将前次碾压的端部垂直挖除再衔接。

6.3.3 应将室内重型击实试验法确定的干密度作为压实度评价的标准密度。

6.3.4 复合稳定土基层的压实标准应符合表 7 的规定。

表7 复合稳定土基层压实标准(%)

公路等级		水泥稳定材料	石灰稳定材料
二级及二级以下公路	稳定细粒土	≥95	≥95
	稳定中、粗粒土	≥97	≥97

6.3.5 复合稳定土底基层的压实标准应符合表 8 的规定。

表8 复合稳定土底基层压实标准(%)

公路等级		水泥稳定材料	石灰稳定材料
二级及二级以下公路	稳定细粒土	≥93	≥93
	稳定中、粗粒土	≥95	≥95

6.3.6 压实后应表面平整、无轮迹或隆起，且断面整齐，路拱符合要求。严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上掉头和紧急制动，以保证结构层表面不受破坏。碾压后应立即检测，若压实度不合格，应及时补压，直至合格为止。

6.4 配合比设计

6.4.1 同一种土样，可选定 3 种不同剂量固化剂的配合比进行试验。

6.4.2 每种剂量的固化剂，宜做 5 种剂量的结合料的混合料击实试验。其中最小剂量、中间剂量和最大剂量混合料的最佳含水率和最大干密度应由击实试验获得，其他两种剂量混合料的最佳含水率和最大干密度可用内插法确定。

注1：复合稳定土混合料配合比中，不同的土质固化剂对土的稳定效果相差较大，应根据不同的土质情况选用。不论使用何种固化剂，在使用前都应按规定进行配合比试验和检测，只有当混合料性能达到要求时，才能使用。

注2：复合稳定土混合料通过试配找出最佳配合比。团化剂的剂量、结合料的剂量与混合料强度之间没有直接对应的关系。

6.4.3 复合稳定土强度试验的试件尺寸(直径×高)应满足下列规定：

- 细粒土成型中型试件的尺寸为 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。
- 中粒土、粗粒土成型大型试件的尺寸为 $\phi 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ 。

6.4.4 应根据规定的压实度计算相应的干密度，并按最佳含水率制备试件。

注：制备试件时不应按击实试验所得的最大干密度制作，而应按与规定的现场压实度相应的干密度制作。

6.4.5 试件应在标准养生温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度不小于 95%的条件下，养生 6d、浸水 24h 后，进行无侧限抗压强度试验。

6.4.6 在进行强度试验时，每组试件的数量应不小于表 9 的规定。试验结果的变异系数大于表中规定值时，应重做试验或增加试件数量。

表9 平行试验的最少试件数量

材料类型	变异系数 C_v (%) 要求		
	≤10%	10%~15%	15%~20%
细粒土	6	9	—
中粒土	6	9	13
粗粒土	—	9	13

6.4.7 试验数据应按下列要求整理：

- 抗压强度保留 1 位小数。

- b) 同一组试件试验中,采用 3 倍均方差方法剔除异常值,中型试件允许有 1~2 个异常值,大型试件允许有 2~3 个异常值,异常值数量超过上述规定的试验应重做。
- c) 如不能保证试验结果的变异系数小于规定值,则应按允许误差 10%和 90%概率重新计算所需的试件数量,增加试件数量并另做新试验。新试验结果与老试验结果一并重新进行统计评定,直到变异系数满足上述规定。

6.5 结合料的计算和掺加范围

6.5.1 复合稳定土材料的配合比应按“(结合料:土)+固化剂(%)”的形式表示。

6.5.1.1 复合稳定土结合料的剂量应以结合料干质量占混合料干质量(结合料+土)的百分率表示,即:结合料剂量=结合料干质量/混合料干质量。

6.5.1.2 复合稳定土固化剂为外掺,其剂量应以固化剂原液质量占混合料干质量(结合料+土)的百分率表示,即:固化剂剂量=固化剂原液质量/混合料干质量。

注:一般表示如:水泥剂量为2.5%、石灰剂量为3.5%,土的剂量应为94.0%,固化剂剂量为0.020%,则复合稳定土混合料的配合比表示为:(水泥:石灰:土)+固化剂(%)=(2.5:3.5:94.0)+0.020%。

6.5.2 通过对土的塑性指数和颗粒分析,确定固化剂的型号进行配合比试验。复合稳定土基层、底基层混合料配制比例范围,可按表 10 执行。

表10 复合稳定土基层、底基层混合料配制比例范围

复合稳定土 混合料类型	基层			底基层		
	结合料剂量(%)		固化剂剂量 (%)	结合料剂量(%)		固化剂剂量 (%)
	水泥	石灰		水泥	石灰	
水泥复合稳定土	6.0~10.0	—	0.020~0.035	4.0~8.0	—	0.015~0.025
水泥石灰复合稳定土	3.0~8.0	3.0~10.0	0.020~0.035	3.0~8.0	3.0~10.0	0.015~0.025
注:复合稳定土混合料组成与道路等级、土质及层位有关。						

6.5.3 水泥石灰复合稳定土中,水泥用量占结合料总量的 30%以上时,应按水泥复合稳定土的技术要求进行组成设计。

7 复合稳定土施工

7.1 一般规定

7.1.1 复合稳定土路面基层和底基层施工可采用路拌法和集中厂拌法。

7.1.2 复合稳定土路面基层和底基层应在当地气温稳定达到 5℃以上时铺筑。

7.2 路拌法施工

7.2.1 路拌法施工机械设备

路拌法施工机械可使用传统筑路机械:

- 光轮压路机(18t 以上压路机)(振动压路机、静压压路机);
- 挖掘机、铲车;
- 平地机,推土机;

- d) 稳定土拌和机（80～90 马力以上的拌和机械）；
 - e) 压力洒水汽车。
- 以上机械根据实际情况选用。

7.2.2 路拌法施工方法

复合稳定土路拌法施工指土壤固化剂与土壤在下承层的施工现场分层铺设并就地喷洒、拌合、整型、碾压成型及养生的一种施工方法。

7.2.3 路拌法施工工艺流程图

路拌法施工工艺流程图按图2的顺序进行。

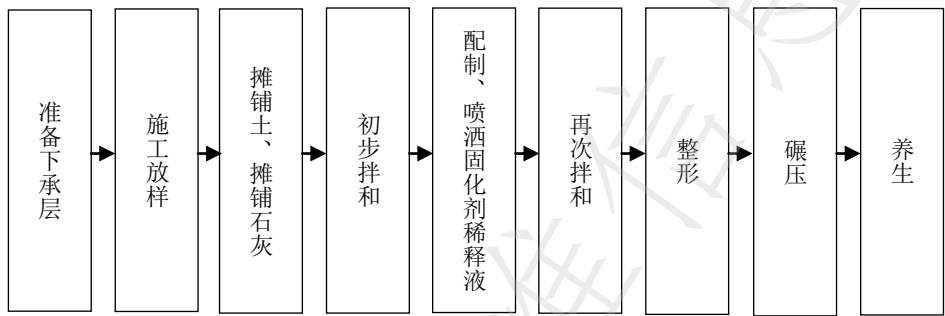


图2 路拌法施工工艺流程图

7.2.4 土壤准备

- 7.2.4.1 根据现场条件选用运输设备，将土壤运送至待施工场地。
- 7.2.4.2 将运送至施工场地的土壤用施工机械进行摊铺覆盖下承层且稍做整平。
- 7.2.4.3 对土壤作适当的破碎，同时对土壤的含水率进行检测，做到土壤的含水率低于该土壤的最佳含水率。可以采用土壤水分测定仪，燃烧法，或者使用传统简易测定方法：土放到手中握拳，土团成型，松开手土团不散开，土团自由落体到地上土散开，说明含水率在 15%左右。

7.2.5 测量放样

- 7.2.5.1 在底基层、旧路面或路床上恢复中线，直线段每 15m～20m 设一桩，曲线段每 10m～15m 设一桩。
- 7.2.5.2 在所铺筑的层位两侧边缘外钉设边桩，以供挂线控制铺筑界限、标记厚度和高程。

7.2.6 初拌

- 7.2.6.1 根据设计配合比的无机结合料用量，划定无机结合料摆放线。
- 7.2.6.2 设计配合比有消石灰或生石灰时应按划定的摆放线提前一天加入土壤中闷料。采用路拌机械进行初拌。

7.2.7 再拌合

- 7.2.7.1 将水泥按划定的摆放线摆放并直接添加至闷好的土料中。
- 7.2.7.2 采用路拌机械进行拌合。每次拌合应有重叠和翻透，并不得漏拌。将稀释好的土壤固化剂水溶液用洒水车装载，分多次喷洒。首次先喷洒一半，机械拌合不得少于两遍，再喷洒剩余的一半拌合一

至二遍，每喷洒完一次随即进行拌合。喷洒过程中应均匀、不遗漏、中途不得停车，应防止喷洒量过大，应控制最终复合固化土拌合完成后其含水率处于最佳含水率或高于最佳含水率的+1%~+2%。

7.2.7.3 拌合完成的标志是：复合稳定土应充分拌匀，满足复合稳定土料干湿和颜色基本一致且无团块土壤的要求。

7.2.7.4 对拌合完成的复合稳定土进行抽样检查，确保土粒最大粒径不大于 30mm，且大于 20mm 土颗粒小于土总重量的 5%。

7.2.7.5 当有多层复合稳定土施工，上层复合稳定土拌合时应将下层复合稳定土的表面破坏深度约 1cm，且不得留有未掺拌的“素土”夹层。

7.2.8 复合稳定土整型

7.2.8.1 复合稳定土拌合完成，先用轮胎压路机或推土机排压，然后立即用平地机刮平并配以人工进行整型。在直线段，平地机应由两侧向路中心进行刮平；在平曲线段，平地机应由内侧向外侧进行刮平。

7.2.8.2 当采用人工整型时，应采用锹与耙，并应先将复合稳定土铺平，用路拱板进行初步整型，再用履带拖拉机初压 1~2 遍后进行第二次整型。

7.2.8.3 整型时应按设计要求严格控制结构层的厚度、高程、横坡及平整度等，必须做到同步测量并及时调整。

7.2.8.4 在整型过程中，严禁通行任何车辆，并应由人工配合消除粗、细料的离析。

7.2.9 复合稳定土碾压

7.2.9.1 宜采用 18t~22t 的压路机对摊铺好的复合稳定土进行碾压。

7.2.9.2 采用先静压后振动碾压最后再静压的方式碾压。

7.2.9.3 碾压过程中，由道路两侧边缘向道路中心进行碾压，由内侧路肩向外侧边缘进行碾压。

7.2.9.4 静压速度宜控制在 1.5km/h~1.7km/h 范围，振动碾压速度宜控制在 2.0km/h~2.5km/h 范围。

7.2.9.5 重复碾压 3 遍~4 遍，且复合稳定土层表面无明显轮迹，压实度达到设计及相关规范要求。

7.2.9.6 碾压过程中，在保证达到规定压实度的情况下，宜在最短时间内碾压完成。如路面结构层的面层属于沥青混凝土材料，应在基层碾压结束前撒上零星瓜子石，采用压路机静压的方式将瓜子石嵌入复合稳定土中，使复合稳定土基层与上层沥青能更加紧密结合成整体。（或进行沥青面层施工前对复合稳定土基层表面做拉毛处理亦可。拉毛时只需略破坏复合稳定土表面约 1cm 的深度，以达到表面毛糙的效果。

7.2.9.7 碾压结束后，应立即检测其压实度是否满足设计要求，若不合格，应及时补压，直至合格为止。

7.2.10 复合稳定土养生

7.2.10.1 复合稳定土层碾压成型后应中断交通进行养生，养生时间不应少于 72h。

7.2.10.2 洒水覆盖养生，应保持复合稳定土表面潮湿。

7.3 集中厂拌法施工

7.3.1 概述

复合稳定土基层、底基层集中厂拌法施工是在专设的拌和场地，对复合稳定土混合料使用适合的稳定土拌和机械集中拌和。

二级及二级以下公路、城市次干路及支路、厂矿道路、林区道路和水利道路等可使用平地机等进行摊铺。

7.3.2 集中厂拌法施工工艺流程

集中厂拌法施工工艺流程图按图3的顺序进行。

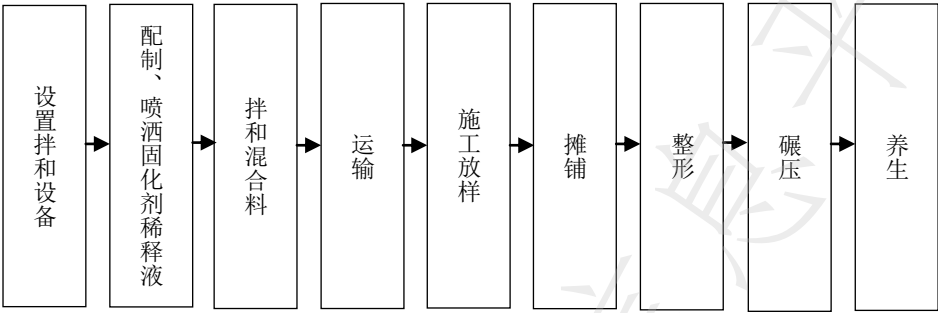


图3 集中厂拌法施工工艺流程图

7.3.3 施工放样

摊铺混合料之前，应按规定准备下承层和施工放样，具体方法和要求按照7.2.5进行。

7.3.4 设置拌和设备

7.3.4.1 选择适应工程规模的拌和设备，其技术性能和额定产量应满足质量、进度的要求，以保证拌和、摊铺效率。

7.3.4.2 厂拌机械包括拌和主机，土、水泥、石灰和固化剂稀释液(或原液)的配给系统，皮带、螺旋输送系统，计量控制、混合料储存设备等全部配套完备的机组。

7.3.4.3 各种配料计量系统应经常测试检定，保持配料准确稳定；皮带给料机应安装调试准确，作业中应经常检查，发生偏差应立即停机调正。

7.3.5 设备参数调整

根据目标配合比确定的各档材料比例，对拌和设备进行调试和标定，确定合理的生产参数，内容包括：

- a) 料斗称量精度的标定、结合料剂量的标定，拌和加水量的控制等。
- b) 通过试生产，验证生产级配，指导调整施工参数。
- c) 在试生产试验的基础上，按不同固化剂和结合料的剂量、含水率进行混合料试拌，并取样和试验，以确定施工中各项有关的指标和参数。

7.3.6 配制、喷洒固化剂稀释液或原液

7.3.6.1 配制、喷洒固化剂稀释液

7.3.6.1.1 配制固化剂稀释液，要求和方法如下：

- a) 固化剂使用前要充分摇匀，使沉淀充分溶解。
- b) 配置固化剂稀释液时，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，其稀释倍数一般不小于 25 倍。可按式（2）和式（3）计算。

$$C = \frac{w_1 - w_2}{P} \dots\dots\dots (2)$$

$$w_2 = \frac{w_3(100 - A) + w_4 \times A}{100} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C ——固化剂水溶液稀释倍数；

P ——固化剂剂量（%）；

w_1 ——复合稳定土混合料的最佳含水率（%）；

w_2 ——土和结合料混合后的实际含水率（%）；

w_3 ——土的天然含水率（%）；

w_4 ——水泥/石灰的含水率（%）；

A ——水泥/石灰的剂量（%）。

7.3.6.1.2 在混合料搅拌过程中，向拌缸中喷入固化剂稀释液。

7.3.6.2 喷洒固化剂原液

7.3.6.2.1 在拌和过程中，向拌和机传送带的混合料上雾喷固化剂原液。

7.3.6.2.2 计算最佳含水率，需要时，在拌缸中补水。

7.3.7 拌和混合料

7.3.7.1 对于复合稳定土混合料，应根据理论配合比确定施工配合比。

7.3.7.2 通过对拌和现场混合料的实际含水率的测定，确定固化剂稀释液的浓度和拌缸中水的喷入量。

7.3.7.3 料斗(仓)下料开口大小应合理，下料应连续均匀，不得出现堵塞现象。

7.3.7.4 拌缸中混合料如出现拌和不均匀，应及时查找原因，并采取相应的技术措施，如调减给料量、检修电机或调整电机转速、更换桨叶等。

7.3.8 运输

7.3.8.1 应根据工程量的大小和运距的远近，配备必要数量的运料车。

7.3.8.2 环境气温高时或阴雨天应加以苫盖，以防止混合料中的含水率变化。

7.3.8.3 混合料应及时运送至施工路段。

7.3.9 摊铺

7.3.9.1 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，料堆分成两行或一行卸在标划出段落或格线的下承层上；摊铺推运宽度 7m 左右，长度不宜大于 10m。

7.3.9.2 混合料的松铺厚度应由试验路实测确定，然后调整。

7.3.9.3 摊铺时应挂线控制，同时跟踪检测，做到厚度、平整度、高程、拱度横坡及宽度同时达到标准的要求，如不符合应立即处理，重新压实；不应用人工反复修整。

7.3.9.4 分幅铺筑或分层铺筑时，均宜一次成型。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 200~250mm；相距 5~20m 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。

7.3.9.5 在摊铺后、碾压前，应对低洼和高凸等部位进行整平处理。低洼处要采取挖除、补填新料的办法，重新拌和整平，应做到宁刮勿补。

7.3.9.6 摊铺机械每天作业完毕，应认真清洗和保养，尤其和混合料接触的部件，都应保持干净。

7.3.10 碾压

具体方法和要求按照第7.2.9则进行。

7.3.11 养生

具体方法和要求按照第7.2.10则进行。

8 施工质量检测与检查

8.1 一般规定

8.1.1 道路复合稳定土施工，应建立健全质量管理和质量检查与验收制度。

8.1.2 基层、底基层和路基施工的质量标准与控制的内容包括原材料检验、施工参数确定、施工过程中的质量检查验收等工作。

8.1.3 在施工过程中，必须建立工地试验室和试验制度，应配备有相关试验资质的操作人员，同时明确每个质量控制环节上的责任人。试验室的各项试验数据必须真实、可靠、完整。

8.1.4 施工过程中发现质量缺陷时，应加大检测频率；必要时应停止施工以避免缺陷扩大，同时查找原因并进行处理。

8.1.5 各个工序完工后，应检查和验收；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。

8.1.6 施工结束后，应清理杂物、整理现场，按规定复耕或绿化。

8.2 铺筑试验路

8.2.1 复合稳定土基层、底基层和路基在正式开工之前，宜铺设不少于200m长的试验路段，验证混合料配合比设计，确定混合料拌和、摊铺及碾压等施工工艺的合理性和可行性，并检验各项质量指标所达到的水平。

8.2.2 通过试验路段验证室内复合稳定土混合料配合比设计中的各种材料比例是否适应工艺要求，并根据需要加以调整。

注：试拌试铺时，对混合料的各种材料的比例应严格按设计控制，以便检验工艺的可行性，或调整配合比来适应工艺要求。

8.2.3 通过混合料试拌，确定所用拌和机具和拌和方法，准确控制固化剂以及结合料、土的使用数量及其含水率，以保证拌和的均匀性。

注：试拌中，应注重机具性能的发挥和参数的正确选取，尤其是材料称量的准确性、用水量及拌和的均匀性。

8.2.4 通过试铺对摊铺机具技术性能加以验证，复核并确定松铺系数、铺筑厚度、宽度、长度及相关机械参数。

8.2.5 通过碾压试验，对压路机械性能、参数取用，碾压方法及压实效果、效率做出评价，并根据实际情况加以改进。

注：不同土质、不同配合比的混合料碾压效果不同，需要通过试铺碾压确定。

8.2.6 对水泥复合稳定土基层、底基层采用路拌法施工时，应通过严密组织拌和、喷洒固化剂稀释液、整形、碾压等工序来缩短延迟时间，并规定允许的拌和时间。

8.2.7 试验段完成后，应对复合稳定土混合料技术指标及所铺基层、底基层和路基质量进行全面检验评定。

8.2.8 试验段完成后，应写出试验报告，确定选用的施工配合比，确定使用机械的性能、参数及台数，并制定切实可行的施工方法和操作要求。

8.2.9 将试验段确定的施工参数等项目作为施工过程中质量要求和控制的标准。

8.3 施工过程检测

8.3.1 道路复合稳定土在施工中，必须设专职人员跟踪记录和检测，并做到项目的数据齐全、完整，真实可信。

8.3.2 道路复合稳定土各层铺筑后，均应按本标准要求检查验收；经审查批准后，方可进行上层次铺筑。对强度等指标达不到规定值的基层、底基层，应查出原因，加以处理。凡经检验不符合本标准质量标准要求的，必须采取相应的措施，最终都要达到要求。

8.3.3 道路复合稳定土质量检测项目包括：所用材料标准试验及施工检测；混合料配合比试验及施工均匀性检测，技术指标检测验证；试铺路段技术指标全面检测及施工中质量控制和检查验收。

8.3.4 道路复合稳定土开工前及施工过程中，应对拟采用的材料按表 11 要求的频度进行试验。

表11 复合稳定土施工材料试验项目和要求

材料名称	试验项目	目的	频度	试验方法
石灰	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	JTG E51
	有效钙、读含量	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品，以后每月测 2 个样品	
	残渣含量	确定石灰质量	做材料组成设计和生产使用时分别测 2 个样品，以后每月测 2 个样品	
水泥	强度等级和初、终凝时间	确定水泥的质量是否适宜应用	做材料组成设计时测 2 个样品，料源或强度等级变化时重测(每批次)	
土	含水率	确定原始含水率	每天使用前测 2 个样品	
	液限、塑限	求塑性指数，审定是否符合规定	每种土使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品	
	颗粒分析	确定级配是否符合要求，确定材料配合比	每种土使用前测 2 个样品，使用过程中每 2000m ³ 测 2 个样品	
	有机质和硫酸盐含量	确定土是否适宜于用石灰或水泥稳定	对土有怀疑时做此试验	
固化剂	pH 值	确定固化剂是否适用	固化剂进场，1 次/10t； 配合比设计，1 次/每个料源	CJ/T 486
	溶解性	确定固化剂是否适用	固化剂进场，1 次/10t； 配合比设计，1 次/每个料源	
	密度	确定固化剂是否适用	固化剂进场，1 次/10t； 配合比设计，1 次/每个料源	
	固形物含量	确定固化剂是否适用	固化剂进场，1 次/10t； 配合比设计，1 次/每个料源	

	总酸（碱）度	确定固化剂是否适用	固化剂进场，1次/10t；配合比设计，1次/每个料源	
--	--------	-----------	----------------------------	--

8.3.5 复合稳定土施工过程中基层、底基层外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 12 的规定。

表12 复合稳定土施工过程中基层、底基层外形尺寸检查项目和质量标准

基层类别	检查项目		频度	质量标准
				二级及二级以下公路
基层	纵断高程（mm）		二级及二级以下公路路每 20m 1 个断面；每个断面 3~5 个点	+5 ~ -15
	厚度（mm）	均值	每 1500 ~ 2000m ² 6 点	≥-10
		单个值		≥-20
	宽度（mm）		每 40m 1 处	>0
	横坡度（%）		每 100m 3 处	±0.5
	平整度（mm）		每 200m 2 处，每处连续 10 尺（3m 直尺）	≤12
连续式平整度仪的标准差（mm）			—	
底基层	纵断高程（mm）		二级及二级以下公路路每 20m 1 个断面；每个断面 3~5 个点	+5 ~ -20
	厚度（mm）	均值	每 1500 ~ 2000m ² 6 点	≥-12
		单个值		≥-30
	宽度（mm）		每 40m 1 处	>0
	横坡度（%）		每 100m 3 处	±0.5
	平整度（mm）		每 200m 2 处，每处连续 10 尺（3m 直尺）	≤15
连续式平整度仪的标准差（mm）			—	

8.3.6 复合稳定土施工过程中路基外形尺寸检查项目、频度和质量标准应符合表 13 的规定。

表13 复合稳定土施工过程中路基外形尺寸检查项目和质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率	权值
		二级及二级以下公路		
1	纵断高程（mm）	+10，-20	水准仪：每 200m 测 4 个断面	2
2	中线偏位（mm）	100	经纬仪：每 200m 测 4 点，弯道加 HY、YH 两点	2
3	宽度（mm）	符合设计要求	米尺：每 200m 测 4 处	2
4	平整度（mm）	20	3m 直尺：每 200m 测 2 处×10 尺	2
5	横坡度（%）	±0.5	水准仪：每 200m 测 4 个断面	1
6	边坡	符合设计要求	尺量：每 200m 测 4 处	1

8.3.7 复合稳定土施工过程中后场质量控制的项目和内容应符合表 14 的规定，实际检测频率应不低于表中的要求，检测结果应满足本标准或具体工程的技术要求。

表14 复合稳定土施工过程中后场质量控制的关键项目

项次	内容	频度
1	结合料质量	每批次
2	结合料剂量	每 2000m ² 1 次
3	混合料最大干密度	每个工作日
4	含水率	每 2000m ² 1 次

8.3.8 复合稳定土施工前场质量控制的项目及内容应符合表 15 的规定,实际检测频率应不低于表中的要求,检测结果应满足本标准或具体工程的技术要求。

表15 复合稳定土施工过程中前场质量控制的关键项目

项次	项目	内容	频度
1	摊铺目测	是否离析	随时
		粗估含水率状态	随时
2	碾压目测	压实机械是否满足	随时
		碾压组合、次数是否合理	随时
3	压实度检测	含水率	每一作业段检查 6 次以上
		压实度	每一作业段检查 6 次以上
4	强度检测	在前场取样成型试件	每一作业段不少于 9 个
5	钻芯检测	—	每一作业段不少于 9 个
6	弯沉检测	—	每一评定段(不超过 1km) 每车道 40~50 个测点
7	承载比	—	每 2000m ² 1 次, 异常时, 随时增加试验

8.3.9 复合稳定土基层、底基层铺筑养生后,应钻取芯样检验其整体性。钻取芯样时,应符合下列规定:

- 细粒土宜选用直径 100mm 的钻头,中、粗粒土应选用直径 150mm 的钻头。
- 钻孔时钻机应放平、垂直并稳定,高速钻进。
- 采取随机取样的方式,不得在现场人为挑选取样位置。
- 芯样顶面、四周应均匀、致密。
- 芯样的高度应不小于实际摊铺厚度的 90%。
- 取不出完整芯样时,应找出实际路段相应的范围,返工处理。

8.3.10 复合稳定土应在下列规定的龄期取芯:

- 基层、底基层水泥复合稳定土为 10~14d。
- 基层水泥复合稳定土中、粗粒土为 7d。

8.4 质量检查

8.4.1 道路复合稳定土完工后，达到养生龄期或上一层次铺筑前必须进行全面检查，检查内容包括完工后的外形尺寸和质量两方面。

8.4.2 评定路面结构层质量时，宜以 1km 长的路段为评定单位，或以每天完成的段落为单位。

8.4.3 应检查施工过程中的原始记录，对检查结果作初步评定。

8.4.4 外形尺寸检查的要求应符合表 12 和表 13 的规定，质量应符合表 16 的规定。

表16 复合稳定土完工后质量合格标准值

工程类别	检查项目	检查数量	标准值	极限低值
水泥、石灰 稳定材料	压实度	6 ~ 10 处	基层：符合表 8	标准值-4%
			底基层：符合表 9	
	弯沉值	每车道 40 ~ 50 个测点	按现行《公路路面基层施工技术细则》 (JTG/T F20) 附录 C 所得的弯沉标准值	—
	结合料剂量	3 ~ 6 处	设计值	水泥：设计值-1.0% 石灰：设计值-1.0%
	固化剂剂量	随时检查	设计值	设计值-0.001%
注：以每天完成段落为评定单位时，检查数量可取低值；以1km为评定单位时，检查数量应取高值。				